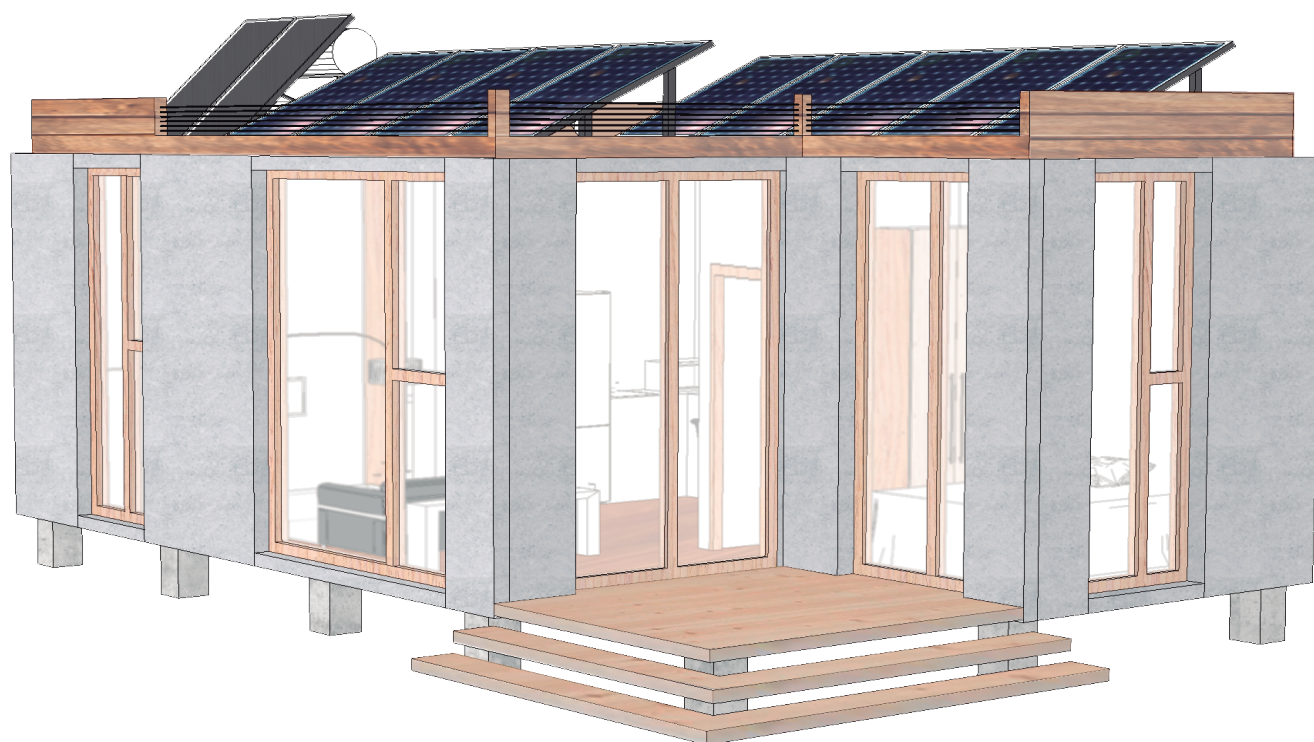


MEMORIA

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN CASAS CONTENEDOR



Autor: Gonzalo Garcia Uriarte
Director: Carlos Sierra Garriga
Convocatoria: Primavera 2017

Resumen

El objetivo del presente proyecto es crear una casa sostenible que sea capaz de aprovechar al máximo los recursos naturales y la arquitectura bioclimática para disminuir las necesidades energéticas. Para ello se han tenido en cuenta diversos aspectos basados en el cumplimiento de los fundamentos del concepto de desarrollo sostenible y ecoeficiencia: ahorro de energía, consumo racional, construcción limpia y ecoeficiencia tecnológica.

En relación al ahorro de energía, se ha valorado la orientación de la vivienda para aprovechar la máxima luz del sol, la ventilación cruzada que facilite el tránsito del aire, el uso de materiales y aislamientos que conserven el calor en invierno y protejan de él en verano y carpinterías especiales con rotura de puente térmico que permitan un mayor aislamiento.

En referencia al consumo racional, se han instalado griferías con control de caudal, griferías con temporizador y cisterna de doble descarga con llenado aprovechable. Además, se han incorporado electrodomésticos de altas calificaciones energéticas.

Respecto a la construcción, se han utilizado materiales con certificados medioambientales y que produzcan menos residuos, como el pladur y se ha hecho uso de la arquitectura modular haciendo uso de contenedores marítimos como estructura principal.

Y por último, se han implementado sistemas de calefacción de alta eficiencia haciendo uso de biomasa, una instalación fotovoltaica capaz de generar la demanda de la vivienda anual y un sistema termo solar capaz de abarcar más del 42% de la demanda de agua caliente sanitaria.

En definitiva, se presenta una vivienda moderna, preparada para el uso cotidiano de dos personas comprometidas con el medio ambiente y dispuestas a aportar su granito de arena para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que tanto perjudican a nuestro planeta.

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. GLOSARIO	5
2. PREFACIO	6
2.1. Origen del proyecto	6
2.2. Motivación	6
2.3. Requerimientos previos	7
3. INTRODUCCIÓN	8
3.1. Objetivos del proyecto.....	8
3.2. Alcance del proyecto.....	9
4. NORMATIVA APLICADA	10
5. PRESENTACIÓN DE LA VIVIENDA	11
6. ESTUDIO DE LA LOCALIZACIÓN	14
7. DEMANDAS Y CONSUMOS	20
7.1. Consumos eléctricos.....	20
7.2. Demanda de agua	24
7.3. Temperatura de confort	24
8. SOLUCIONES A LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD	25
8.1. Sistema fotovoltaico	25
8.2. Cableado general.....	30
8.3. Instalación eléctrica interior.....	30
8.4. Instalación eléctrica exterior.....	34
8.5. Protecciones.....	34
8.6. Grupo electrógeno de soporte	35
9. SOLUCIONES A LA DEMANDA DE ACS	37
9.1. Estudio de ACS.....	37
9.2. Sistema termosifón	39
9.2.1. Componentes	42
9.3. Sistema auxiliar	43

9.4. Conexionado.....	47
9.5. Distribución de tuberías.....	48
9.6. Almacenador.....	50
9.7. Dimensionado de tuberías y aislantes	53
9.8. Componentes de la fontanería	58
9.8.1. Baño	58
9.8.2. Lavadora.....	60
9.8.3. Fregadero de la cocina	61
9.8.4. Sistema de calefacción.....	61
10. SOLUCIONES AL CONFORT TÉRMICO	62
10.1. Fachada.....	64
10.1.1. Muro.....	64
10.1.2. Perfiles.....	67
10.1.3. Acristalamiento	68
10.1.4. Distribución de ventanas	70
10.2. Cubierta	71
10.3. Suelo.....	72
10.4. Cimentación.....	73
10.5. Metodología de construcción.....	73
11. IMPACTO AMBIENTAL	75
12. PRESUPUESTO	77
13. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	78
CONCLUSIONES	80
AGRADECIMIENTOS	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

1. Glosario

- UE: Unión Europea
- CTE: Código Técnico de la Edificación
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- ACS: Agua Caliente Sanitaria
- AFS: Agua Fría Sanitaria
- VAN: Valor Actual Neto
- TIR: Tasa Interna de Retorno
- REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- T.T: Toma de Tierra
- DC(CC): Direct Current (Corriente Continua)
- AC: Corriente Alterna
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- APPA: Asociación de Productores de Energías Renovables
- APERCA: Asociación de Profesionales de las Energías Renovables en Cataluña
- ICAEN: Instituto Catalán de la Energía
- EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales.

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

Hoy en día el cambio climático es uno de los mayores desafíos al que nos enfrentamos. Nos encontramos en un momento en el que evidentemente tenemos que satisfacer las necesidades de la sociedad, pero sin poner en peligro nuestras generaciones futuras. En este sentido, perteneciendo a esta generación que debe intentar cambiar la forma de consumir y ahorrar que hay actualmente, se ha seguido muy detalladamente que el proyecto presente cumpla con los objetivos del 20/20/20 para 2020.

“El gran objetivo del 20/20/20 para 2020 es llevar a Europa hacia el camino del futuro sostenible, con una economía que genere pocas emisiones de carbono y consuma menos energía”

2.2. Motivación

La motivación para realizar este proyecto surge de mi especial interés por todos los temas relacionados con el ahorro energético y las energías renovables. Desde mi punto de vista, pese a que vivimos en un país que no solo ofrece pocas ayudas a este tipo de aprovechamiento energético sino que también pone obstáculos, vivimos en una comunidad muy desarrollada en este ámbito; como es la Unión Europea. Echando un vistazo a países que también pertenecen a la UE, se puede observar que en muchos de ellos, como por ejemplo Noruega, más de la mitad de la energía producida en todo el país proviene de fuentes naturales.

Especialmente nuestro territorio cuenta con unas condiciones extraordinarias para poder llevar a cabo proyectos relacionados con las energías renovables. En concreto, disponemos de una radiación solar envidiable, que si se aprovecha correctamente, la energía fotovoltaica puede crecer a niveles impensables.

2.3. Requerimientos previos

Los requerimientos previos van relacionados con las normativas vigentes en nuestro país, tanto constructivas, energéticas, de iluminación. etc. En el presente proyecto se tratan varios temas que deben cumplir todas las normativas. Por ello, cada decisión y solución aplicada al proyecto se ha comprobado que cumpla con la normativa. Además, varias de las soluciones han sido seleccionadas a partir de las normas.

3. Introducción

El presente proyecto muestra el diseño de una casa pasiva que tienen como objetivo alcanzar unos consumos energéticos muy bajos. Por ello, se ha utilizado la arquitectura bioclimática aplicada a dos contenedores de barco y se ha estudiado cómo aislar la vivienda de manera más eficiente para conseguir una temperatura de confort durante todo el año sin hacer casi uso de la calefacción. Además, se han introducido sistemas de aprovechamiento solar tanto sistema fotovoltaico para la producción de electricidad, como sistema termo solar para calentamiento de agua. Por último, se han analizado en el mercado los diferentes sistemas de ahorro, como por ejemplo la instalación de electrodomésticos con la máxima calificación energética que aportan un ahorro tanto energético como económico, así como sistemas de ahorro de agua, como por ejemplo la implantación de grifos pulsadores, o sistemas de lavamanos rellena cisternas.

3.1. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es diseñar una vivienda moderna que cumpla con todos los requisitos para poder ser habitable y adaptada a las posibles necesidades del cliente, siempre combinando la sostenibilidad energética, la arquitectura moderna y la innovación.

Para conseguir estos objetivos se ha estudiado las diferentes demandas que una casa habitada por dos personas puede tener, tanto a nivel energético, como demanda de agua caliente sanitaria, como confort térmico. Seguidamente se ha hecho un análisis para ver las diferentes soluciones que existen hoy en día. Y por último se ha buscado la forma de aplicar dichas soluciones al proyecto para cumplir de la mejor forma todas las demandas y necesidades.

3.2. Alcance del proyecto

En el proyecto se ha intentado abarcar lo máximo posible de manera que en cualquier momento del año se puedan satisfacer las necesidades del que vive en la vivienda. Para ello, se ha trabajado de forma que poniéndose en el lugar del que habita en la vivienda, se pueda siempre conseguir una sensación de confort gracias a todos los sistemas instalados en la vivienda.

Por otro lado, se ha intentado tratar todos los temas relacionados con el proyecto, desde el diseño y la cimentación, hasta los cálculos, la búsqueda de soluciones y la puesta en marcha. Debido a la complicación que ello conlleva, no solo por dificultad de saber muchos temas, sino también por la disponibilidad de tiempo, no se ha podido abarcar todo lo que se hubiera querido.

4. Normativa aplicada

En el proyecto se han tratado temas relacionados con las energías, construcción y otros detalles técnicos que deben cumplir una serie de normativas relacionadas con estos ámbitos vigentes en nuestro país hoy en día. A continuación se presentan todas las normas y leyes seguidas para proyectar la vivienda y su correcto desarrollo.

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Código Técnico de la Edificación (CTE). HS4: Salubridad, suministro de agua.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- Normativa Básica para las instalaciones interiores de suministro de agua.
- NTE-IFC. Instalaciones Fontanería de agua Caliente.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo
- Reglamento Electrónico de Baja Tensión (REBT). BT-19: Prescripciones generales.
- Reglamento Electrónico de Baja Tensión (REBT). BT-24: Protección contra los contactos directos e indirectos.
- UNE 94002-2005. Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria.
- UNE 20460-3. Instalaciones interiores y receptoras: ITC-BT-25,26 y 27.
- Decreto de Ecoeficiencia de Edificación 21/2006.
- Norma UNE EN 13501-1:2007+A1:2010: Reacción al fuego de aislantes.
- Directiva 2012/27/UE. Propuesta del 20/20/20.
- Criterios técnicos:
 - o Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
 - o Asociación de Profesionales de las Energías Renovables de Cataluña (APERCA)
 - o Asociación de Empresas de Energías Renovables. (APPA)
 - o Guía para el desarrollo de normativa local en la lucha contra el cambio climático.
 - o Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica.
 - o Instituto Catalán de Energía. (ICAEN)

5. Presentación de la vivienda

En estos tiempos de crisis, y sobre todo a lo que la construcción se refiere, es muy importante prestar atención a las novedades y a las formas de construir que se puedan considerar relativamente baratas. De esta forma se presentan aquí las casas contenedores, o mejor dicho, la arquitectura con contenedores metálicos.

Es extraño que en España, teniendo los climas que tenemos no se haya apostado por una construcción modular dejando un poco apartada la cultura de construir con ladrillo. De hecho, lo más extraño todavía es que en países del Norte de Europa donde el clima es mucho más extremo que en la península, se utilicen como opción válida la construcción de viviendas contenedor.

Por esta razón, en este proyecto se ha decidido innovar, y construir en ellos. En concreto se han utilizado dos contenedores. Actualmente, los contenedores están hechos de acero Corten. Este acero, realizado con una composición química con alto contenido en níquel, cobre y cromo, tiene unas características particulares que protegen a la pieza realizada con este material frente a la corrosión atmosférica sin perder sus características mecánicas, prolongando su vida útil.

A continuación se presentan las distintas medidas y características de los contenedores que existen:

Specification	20GP	20HC	40GP	40HC
Inside Cubic Capacity	33.2M3	37.4M3	67.7M3	76.4M3
Maximum Gross Weight	30,480 kg	30,480 kg	3,0480kg	3,0480kg
Tare Weight (±2%)	2,190 kg	2,285kg	3,640kg	3,900kg
Maximum Payload	28,290 kg	28,195kg	2,6840kg	2,6580kg

Dimensions	Length	Width	Height
20GP External	6,058mm	2,438mm	2,591mm
20GP Internal	5,898 mm	2,352mm	2,393mm
20HC External	6,058mm	2,438mm	2,896mm
20HC Internal	5,898 mm	2,352mm	2,698mm
40GP External	12,192mm	2,438mm	2,591mm
40GP Internal	12,032mm	2,352mm	2,393mm
40HC External	12,192mm	2,438mm	2,896mm
40HC Internal	12,032mm	2,352mm	2,698mm

Imagen_5.1._Características de los contenedores en el mercado. [1]

A la hora de la elección del número de contenedores y el tamaño de ellos, se ha tenido que seguir y verificar la normativa actual. Inicialmente este tipo de construcción no está contemplada al detalle en la normativa aunque sí que se dan unas pautas en cuanto a conceptos generales a la hora de construir, como aislamientos térmicos, acústicos, altura de la vivienda etc., aplicables a cualquier construcción.

En primer lugar, la altura es un parámetro que nos ha definido qué tipo de contenedores no se pueden usar. Los contenedores estándar, los referenciados como 'GP' en la tabla adjunta anteriormente, tienen una altura, que teniendo en cuenta los aislamientos que posteriormente han sido integrados, es inferior a la permitida por el Código Técnico de la Edificación (CTE), que es de 2,5m.



Imagen_5.2._Comparación contenedores Standard y HC.

Por otro lado, si la vivienda va a tratarse de una planta baja, se permite hacer uso de contenedores usados. Mientras que si hablamos de añadir plantas, la planta baja debe ser un contenedor nuevo.

Y por último, el tamaño que vaya a tener la vivienda es lo que nos acaba de definir su elección y su colocación para hacer un buen uso y máximo aprovechamiento.

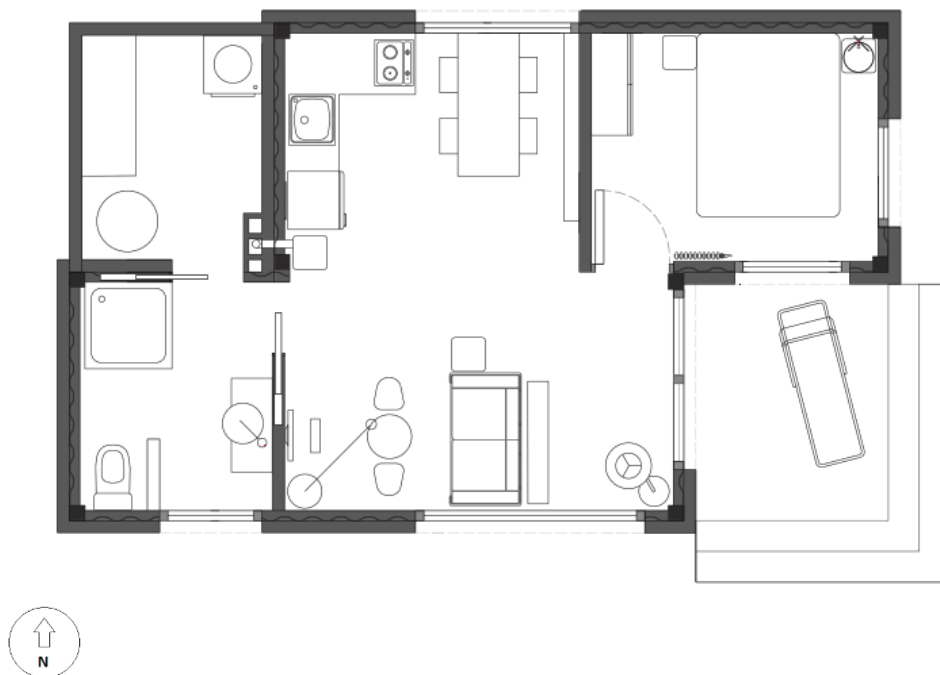
A continuación se va a presentar en la memoria la casa sostenible en contenedores metálicos. Dicha casa, consta de un total de 36 m^2 . Su estructura está instalada sobre un total de 15 pilares de hormigón prefabricado, elevando la vivienda 45 cm respecto al suelo

para aprovechar las corrientes y haya una mejor ventilación. Además, se hace uso de la arquitectura bioclimática, de forma que en su fachada orientada al sur, hay una gran superficie de ventanas para aprovechar las horas de sol y calentar la vivienda en los días de invierno, y en su fachada norte, una ventana para poder crear corrientes dentro de la casa en los días calurosos de verano.

La idea es proyectar una vivienda para dos personas. Para satisfacer sus necesidades, la vivienda debe constar de un dormitorio, una sala de estar, una cocina y un baño como mínimo. Todo ello, debe estar distribuido dentro de esta casa. Por esta razón se ha decidido construir la vivienda en dos contenedores de 20 pies usando los contenedores 20HC (High Cube), formando un total de

32 m^2 . Además, se han creado, independientemente a la estructura de los contenedores, dos espacios añadidos: la terraza y el cuarto de mantenimiento. Estas dos estancias están adheridas a la vivienda de forma que acaban dando

a la vivienda un total de casi 36 m^2 distribuidos de la siguiente forma:

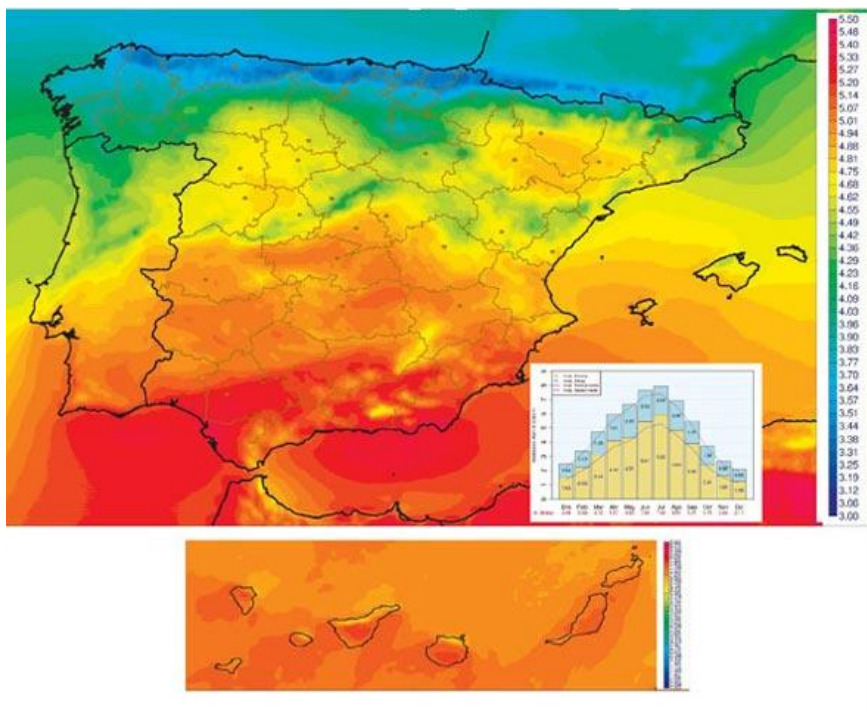


Imagen_5.3._Distribución de la vivienda.

6. Estudio de la localización

Como sabemos, la energía solar es una fuente de energía renovable y un recurso inagotable y respetuoso con el medio ambiente.

De esta manera nos centramos en el estudio de la radiación solar incidente en la península ibérica. Para esta radiación se tiene en cuenta tanto la radiación directa, como la indirecta, como la difusa; lo que sería la radiación global. Primeramente se hace un estudio sobre una superficie horizontal y se obtienen unos valores esperados.

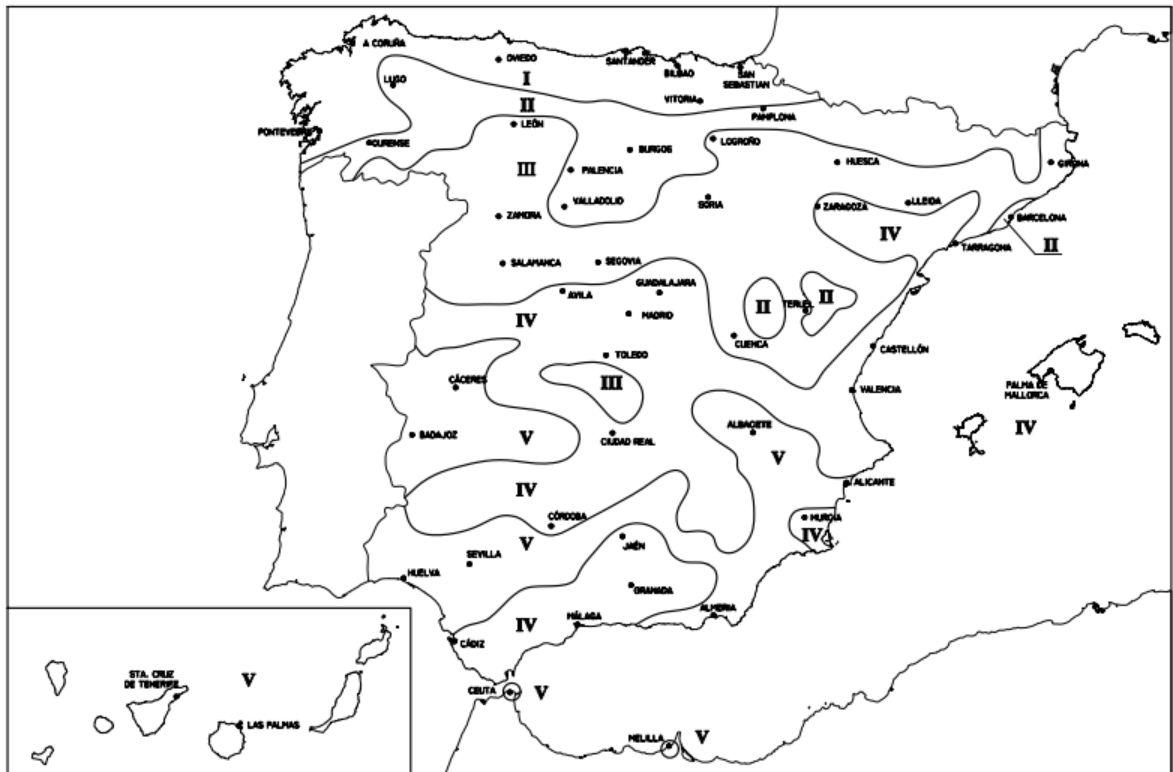


Imagen_6.1._Irradiación en la península ibérica.

En la mitad sur de la península se puede observar que la radiación global es mucho mayor que en la mitad norte. Además la curva de radiación solar no es simétrica debido al aumento de irradiancia en los meses en torno al equinoccio de primavera es más lenta que la disminución de esta en los meses próximos al equinoccio de otoño.

El CTE [2] define distintas zonas climáticas dependiendo de la Radiación Solar Global

media diaria anual sobre superficies horizontales. En la siguiente tabla obtenida del CTE muestra los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas:



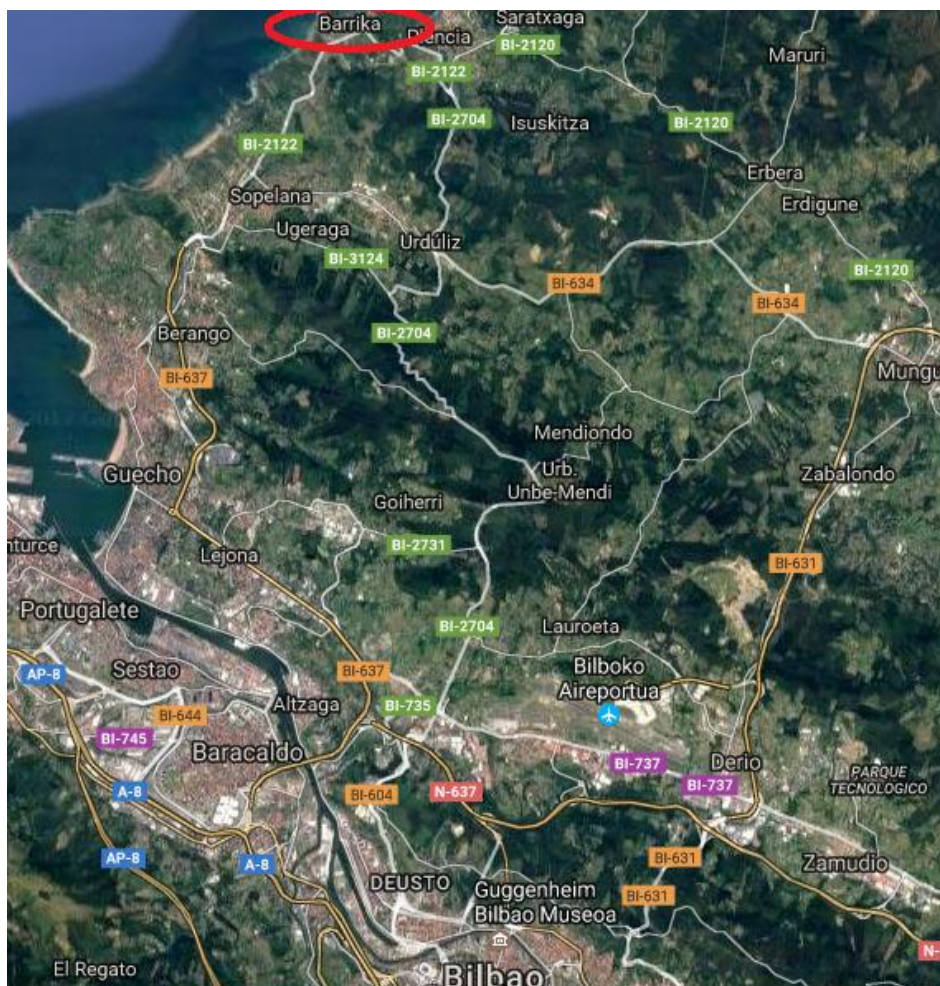
Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

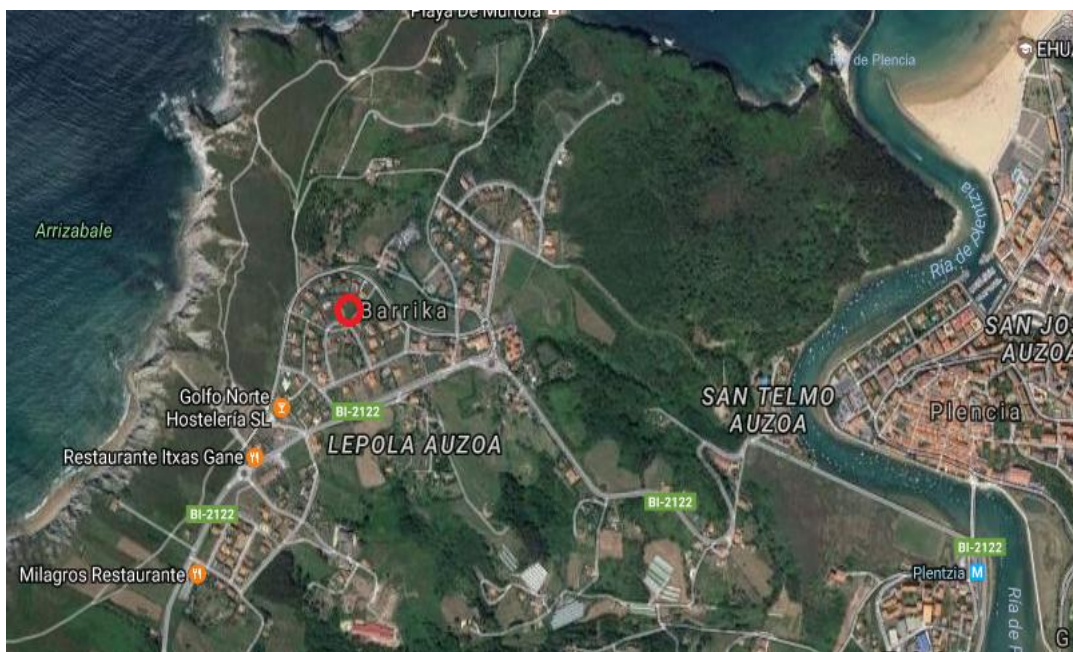
Imagen_6.2._Zonas climáticas.

Partiendo de esta tabla, se ha escogido realizar el proyecto en una ciudad que pertenezca a la zona climática desfavorable como es el caso de la zona climática 1. La localización escogida ha sido Barrika, perteneciente a Vizcaya, País Vasco. En concreto, el proyecto

está situado en una parcela de 756^{m²} en Barrika, zona costera de la provincia vasca.

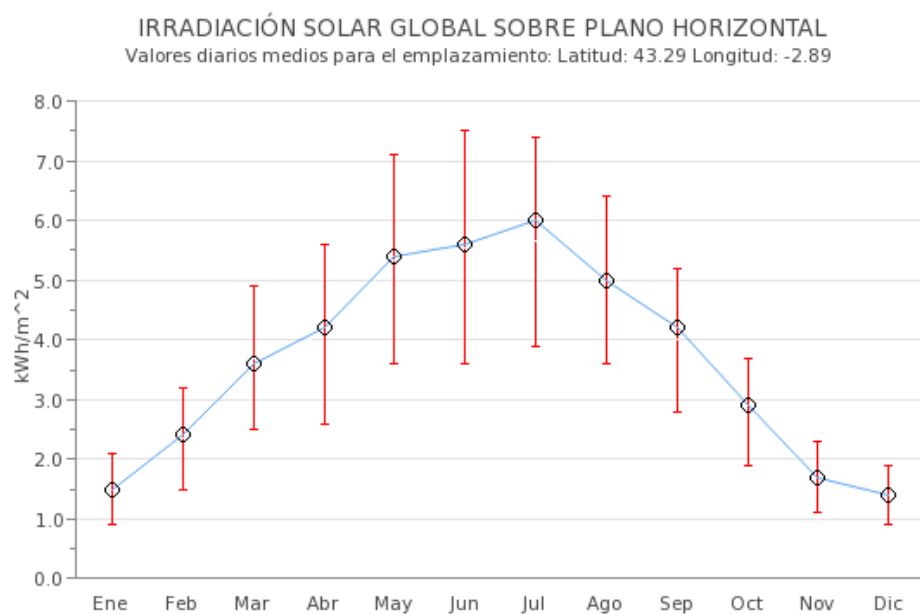
Barrika se encuentra a unos 35 km del centro de Bilbao, zona rural y tranquila, de fácil acceso y bien comunicada, a unos 25 minutos en coche o 35 minutos en metro del nuevo céntrico estadio de fútbol San Mamés.





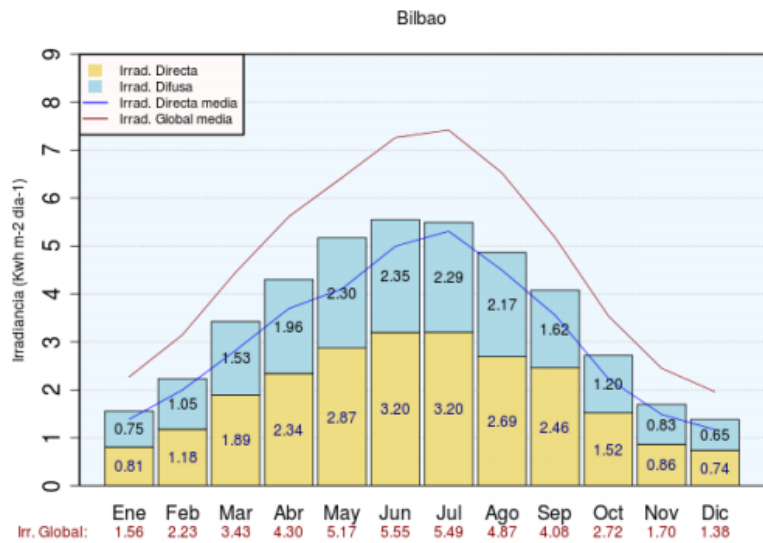
Imagen_6.3._Localización de la vivienda.

A continuación se muestran diferentes imágenes donde se puede ver las distintas radiaciones que recibe Bilbao a lo largo del año sobre la superficie horizontal:



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.1	3.2	4.9	5.6	7.1	7.5	7.4	6.4	5.2	3.7	2.3	1.9
Valor medio	1.5	2.4	3.6	4.2	5.4	5.6	6.0	5.0	4.2	2.9	1.7	1.4
Percentil 25	0.9	1.5	2.5	2.6	3.6	3.6	3.9	3.6	2.8	1.9	1.1	0.9

Imagen_6.4._Radiación en Bilbao [3]



Imagen_6.5._Radiación anual sobre Bilbao [4]

Una vez obtenidos los valores aproximados de la radiación que recibe la localización sobre una superficie horizontal se dispone a calcular el verdadero valor de horas de pico incidentes sobre plano inclinado. Como se comentará en los próximos apartados, la inclinación de los paneles solares para su máximo aprovechamiento a lo largo del año es a 40° sobre la horizontal. Haciendo uso de las tablas del factor ‘k’ para la localización de Bilbao, se obtiene que para una inclinación de 40° en el mes más crítico, que es diciembre, es de 1,56. Para el cálculo del valor de horas de pico reales, $(HSP)_{\alpha,\beta}$, simplemente hay que multiplicar el valor dado para una superficie horizontal por el valor del factor ‘k’.

En el apartado 1.13 de los anexos se presentan estos cálculos para posteriormente el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica. Además, en el apartado 2 de los anexos se presentan las distintas radiaciones que están presentes en las superficies expuestas a la radiación solar.

Latitud	Inclinación	ENE	FEB	MAR	NOV	DIC
44	40	1,45	1,34	1,21	1,59	1,56
44	45	1,47	1,35	1,20	1,48	1,62

Tabla_6.1._Factor ‘k’ según latitud e inclinación. [5]

7. Demandas y consumos

Para poder proyectar la vivienda, con sus respectivas instalaciones, se debe conocer a priori las demandas, consumos y necesidades que vaya a haber en la casa, ya sean consumos eléctricos, demanda de agua, o bien, el confort térmico que exigen los ocupantes de la vivienda. Por ello, en este apartado se van a presentar las diferentes demandas que puede haber en una vivienda de dos personas. Se ha seguido detalladamente las indicaciones y recomendaciones del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

7.1. Consumos eléctricos

En nuestros hogares hacemos uso principalmente de dos formas distintas de energía. Por un lado la electricidad y por otro el combustible.

En referencia a la primera, la electricidad es la que se encarga de hacer posible que todos los aparatos domésticos como las luminarias, los electrodomésticos, los ordenadores, la televisión, etc., puedan realizar su trabajo y así ofrecernos su utilidad.

En base a las guías prácticas del IDAE, se han analizado las distintas formas de hacer un correcto uso de la electricidad. Para empezar se han buscado los niveles de iluminación recomendados para hacer uso cotidiano. Como los planos muestran, la vivienda cuenta con un total de 6 estancias. En todas ellas hay unos niveles de iluminación recomendados dependiendo de la utilidad que se le vaya a dar a cada una de ellas. En la tabla adjunta a continuación se puede observar las diferentes estancias, con sus puntos de luz o lámparas de enchufe, y también los niveles recomendados:

Estancias	Uso	Nivel Lux aconsejado
Terraza	Punto de luz	100
Salón	Punto de luz	150
Salón	Lámpara	100
Baño	Punto de luz	100
Baño	Punto de luz	300
Cocina	Punto de luz	150
Cocina	Punto de luz	500
Dormitorio	Punto de luz	150
Dormitorio	Lámpara	450

Dormitorio	Lámpara	450
Cuartito	Punto de luz	100

Tabla_7.1._Niveles de iluminación recomendados. [6]

Para conseguir estos niveles y siguiendo con la idea del proyecto de reducir consumos, se han instalado en todas ellas luminarias LED que ofrecen los mismos niveles de iluminación que las bombillas tradicionales pero reduciendo un consumo eléctrico importante y alargando sus años de vida. De esta manera se han usado las siguientes bombillas, todas ellas de la marca Philips, cuyo catálogo está en el punto 9.2 de los anexos.

Las potencias, consumos y niveles cromáticos distribuidos por la vivienda son recogidos en la siguiente tabla:

Estancias	Uso	Nivel Lux aconsejado	Nivel cromático	Potencia (Wh)
Terraza	Punto de luz	100	Cálido 1800K	3
Salón	Punto de luz	150	Cálido 1800K	3
Salón	Lámpara	100	Neutro 3300K	3,5
Baño	Punto de luz	100	Cálido 1800K	3
Baño	Punto de luz	300	Cálido 1800K	2,5
Cocina	Punto de luz	150	Cálido 1800K	6
Cocina	Punto de luz	500	Neutro 3300K	6
Dormitorio	Punto de luz	150	Cálido 1800K	2,5
Dormitorio	Lámpara	450	Neutro 3300K	3
Dormitorio	Lámpara	450	Neutro 3300K	3
Cuartito	Punto de luz	100	Neutro 3300K	3

Tabla_7.2._Niveles de iluminación instalados.

A continuación, se ha realizado una aproximación de uso de cada luminaria al año (h/año) para poder hacer el cálculo de la demanda de kWh/año necesaria para satisfacer las necesidades de iluminación. El uso se ha aproximado de forma que, unas de ellas, se entiende que estarán encendidas una hora diaria, mientras que las demás, estarán encendidas una media anual de 6 horas diarias.

Estancia	Uso anual (h/año)	Consumo (Wh/año)
Terraza	365	1095
Salón	1825	5475
Salón	365	1277,5
Baño	1825	5475
Baño	1825	4562,5
Cocina	1825	10950
Cocina	1825	10950
Dormitorio	1825	4562,5
Dormitorio	365	1095
Dormitorio	365	1095
Cuartito	365	1095

Tabla_7.3._Consumos anuales por iluminación

Con un total de 38,5 W de potencia instalada para iluminación, se llega a un consumo anual de 47,6325 kWh/año.

Por otro lado, otro consumo eléctrico que tendrá la vivienda es el debido a los electrodomésticos. Se trata de aparatos que consumen necesariamente electricidad para su funcionamiento. Existen electrodomésticos de todo tipo, tamaño y prestaciones, y por ello, de un mismo tipo de electrodoméstico puede variar mucho su consumo dependiendo de su clase. Actualmente, todos los electrodomésticos tienen un etiquetado llamado 'Clase' que define su eficiencia a lo largo de su vida útil.

A la hora de incorporar los electrodomésticos que debe tener la casa se ha buscado la máxima eficiencia de cada uno de ellos, A+++.

A continuación se presenta un inventario donde se expone los electrodomésticos que se usan a diario en un hogar cuyas fichas técnicas se encuentran en el punto 9.1 de los anexos:

Electrodoméstico	Consumo (kWh/año)	Consumo (Wh)	Consumo (l/año)	Marca
Frigorífica	142	16,21	-	LG
Termoestufa	68,43	125	-	Cadel

Lavadora	135	2300	9900	Bosch
Fogones	1022	2900	-	Teka
Horno-micro	91,25	1000	-	Bosch
Ordenador	109,5	0,15	-	Apple
Extractor	13,73	75	-	Teka
Afeitadora	0,021	0,7	-	Philips
Secador	16,56	552	-	Braun 1200
Televisión	43,61	57	-	LG 32'
Radio	3,3	18	-	Sony
Cargador movil	1,387	0,95	-	Apple
Total	1646,788	7045,01	9900	-

Tabla_7.4._Consumos anuales por electrodomésticos

Como se puede observar, en la tabla se representan todos los electrodomésticos que un hogar normal contiene. Además se pueden ver dos consumos, el instantáneo y el cálculo anual a partir del uso que se le da a cada uno de ellos a lo largo del año. Por último se especifica la marca.

Como la tabla indica, el consumo anual es de 1646,788 kWh/año y su valor de pico es de 7045,01 Wh.

En resumen, se presenta en las siguientes tablas las distintas demandas:

Consumo (kWh/año) Luminarias	Consumo (kWh/año) Electrodomésticos	Consumo total (kWh/año)
47,6325	1646,788	1694,42

Tabla_7.5._Consumos.

Consumo total (kWh/año)	Consumo total (Wh/año)	Consumo diario (Wh/día)
1694,42	1694420	4642,25

Tabla_7.6._Consumos.

7.2. Demanda de agua

Por otro lado se presentan las demandas de AFS y ACS de una vivienda. Como sabemos, el agua es indispensable para la vida. Es una fuente de vida y salud. Sin embargo, su uso debe ser razonable y controlado. Hoy en día hay un excesivo consumo de este elemento, tanto que en según qué localizaciones de la Península Ibérica hay escasez. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [7] la cantidad adecuada de agua para el consumo humano, es decir, beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar etc., es de 50 litros por habitante al día. A estas cantidades, si se es específico, se debe sumar el agua necesaria para la agricultura, industria etc., llegando a unos valores de 100 litros por habitante al día. No obstante, se tendrán en cuenta los 50 primeramente especificados puesto que son los que hacen referencia al uso cotidiano dentro de una vivienda.

Por otro lado se tienen la demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS). Es evidente que dependiendo de la situación geográfica de la vivienda, la demanda de agua caliente puede variar debido al cambio de temperaturas. Según el CTE, el consumo recomendado de ACS demandada a 60°C medio en una vivienda unifamiliar es de 28 litros por persona al día.

De esta manera se puede resumir, comentando que al tratarse de una casa de bajas emisiones, las personas que habiten en ella serán responsables y cumplidoras de estos estudios realizados.

7.3. Temperatura de confort

La temperatura de confort es un factor muy subjetivo ya que depende de la sensación que cada individuo tenga respecto al calor o frío que haga en una estancia determinada. Cuanta más gente haya en la vivienda, más complicado es poder establecer cuál es la temperatura de confort, puesto que hay más opiniones. No obstante, IDAE estima que la temperatura ideal de un hogar está entre 19 y 21°C durante el día. Durante la noche, estas temperaturas pueden bajar hasta 15 o 17°C ya que cuando estás acostado y arropado es suficiente para dormir comfortable.

8. Soluciones a la demanda de electricidad

8.1. Sistema fotovoltaico

En el apartado 7 se han visto las demandas energéticas. Esta demanda está formada por el consumo eléctrico que tendrá la iluminación de la vivienda, añadiendo el gasto eléctrico de todos los aparatos domésticos que la vivienda vaya a tener. En definitiva, sumando estas demandas se obtienen un total de 1694,64 kWh/año. Para solventar esta demanda, se ha instalado un sistema fotovoltaico. Se trata de un diseño de uso permanente, es decir, se va a usar de forma continua durante todos los meses del año sin estar conectado a la red eléctrica. Para realizar un buen diseño de la instalación, es necesario calcular el número de paneles solares fotovoltaicos necesarios para cubrir el consumo en las peores condiciones de uso.

Las peores condiciones de consumo se dan en los meses de invierno, donde la radiación es menor. Además de haber menos horas de sol debido a la corta duración de los días, la inclinación de los rayos solares es menor y por tanto más desfavorable para su aprovechamiento.

Una instalación solar sin conexionado a la red consta de diferentes partes:

	nº de elementos	Marca/modelo
Paneles solares	9	SCL 260W 60 células de policristalino
Baterías	2	HOPPEKE 12 OpzS 1200 12V 1500Ah c100
Regulador	1	Smart Solar Vitron MPPT 150/85 Display LCD
Inversor/cargador	1	Victron Multiplus 24V-3000W-70A
Soportes	9	Soporte panel 60 células

Tabla_8.1._Componentes de la instalación fotovoltaica.

A la hora de la elección de cada elemento, se han tenido en cuenta diferentes datos. En primer lugar, para la elección de las placas solares, su orientación y su posición se ha tenido en cuenta la localización de la península. Como indican muchas fuentes relacionadas con la energía solar, lo óptimo para la latitud a la que se encuentra la península ibérica es posicionar las placas solares a 30°-36° respecto la horizontal para la mayor captación solar a lo largo del año. No obstante, para las condiciones negativas de los meses de invierno cuando la inclinación de los rayos es menor, se estima que la posición óptima es de 40°-45°; a diferencia de verano, donde se estima de 20

Para abastecer dicha necesidad, se han instalados 9 paneles solares SCL-260P de 260W cada uno y 60 células de policristalino con una inclinación de 40°.



Imagen_8.1._Paneles solares SCL 260W 60 células de policristalino

Su tamaño es de 0,992m de ancho por 1,64 m de alto. Para el uso de estos paneles no son válidos los reguladores PWM y es obligatorio el uso de reguladores MPPT que, como posteriormente se explica con más profundidad, modulan el voltaje optimizando la capacidad de generar energía. Además es obligatorio establecer el conexionado en serie para mantener la intensidad y sumar voltaje, y hacer un uso de 24 o 48 V.

Otro elemento son las baterías. El uso de estas, junto a sus características, es lo que nos define la autonomía que puede llegar a tener la instalación. El estudio ha sido realizado para conseguir una autonomía de 3 o 4 días. Para ello, la batería debe tener una capacidad 3 o 4 veces mayor al consumo diario por dos razones. En primer lugar, porque utilizando diariamente alrededor del 20% de la capacidad, será lo restante lo que nos defina los días de autonomía que puede llegar tener. Por otro lado, teniendo en cuenta un régimen de

utilización cercano a C100 y descargas del 20%, la batería durará 8000 ciclos, o lo que es lo mismo, aproximadamente 20 años. Para alargar su vida útil, es necesario e imprescindible utilizar un regulador de carga e inversores de calidad como se explicará a continuación.

En este caso se han escogido 2 baterías estacionarias Hoppecke 12 opzs 1200 12V 1500Ah en C100.



Imagen_8.2._Baterías Hoppecke 12 opzs 1200 12V 1500Ah en C100.

Estas baterías están compuestas por 6 vasos. Con un total de 12 vasos, cada uno de ellos de 2 voltios conectados en serie mediante pletinas de conexiones para formar baterías de 24 voltios.

Un tercer elemento es el regulador. El regulador se encarga principalmente de controlar la producción fotovoltaica según el estado de carga de la batería. Se ha escogido el regulador Smart Solar Victron MPPT 150/85-100 terminales Tr-MC4 con Display LCD que permite visualizar los datos de producción solar y el estado de carga de la batería en todo momento. Los reguladores MPPT sacan generalmente el máximo rendimiento a los módulos fotovoltaicos, permitiendo además la colocación en serie de los paneles para conseguir un voltaje total superior al del banco de baterías y evitar una gran intensidad en corriente continua. Por último, haciendo uso de reguladores MPPT se consigue alargar los años de vida de las baterías gracias a que este ayuda a un mejor mantenimiento de las baterías.



Imagen_8.3._ Regulador Smart Solar Victron MPPT 150/85-100

Este regulador está especialmente diseñado para instalaciones fotovoltaicas aisladas. Realiza las 3 etapas de carga gestionando en todo momento la tensión y la corriente de carga hacia la batería. La energía generada por los paneles solares es inyectada a la batería solar según sea necesario en cada caso para asegurar la mayor vida útil de las baterías.

El siguiente elemento es el inversor/cargador. El convertidor de corriente DC/AC, o también llamado ondulador, es un dispositivo electrónico de potencia que tiene como función principal convertir la corriente continua (DC) proveniente de los generadores fotovoltaicos y almacenada en las baterías, en corriente alterna (AC) para su consumo, ya que es como se alimentan todos los electrodomésticos y sistemas de consumo eléctrico de la vivienda. También se encarga de distribuir la energía procedente del generador auxiliar entre la carga de las baterías y el consumo de la vivienda. Un inversor/cargador puede aprovechar el funcionamiento del grupo electrógeno para cargar las baterías mientras el grupo está suministrando energía a otros consumos. El cargador es necesario para evitar el sobredimensionamiento de la instalación, para cubrir el 100% del consumo de la instalación y para realizar las cargas de ecualización a las baterías.

Las cargas de ecualización ayudan a eliminar sulfatación de las baterías que se haya formado durante las condiciones de carga baja. Para ello se eleva la tensión para ayudar a la recombinación del sulfato absorbiendo y cediendo electrones. Se debe hacer en las baterías de opzs una vez cada 50 días ya que alarga la vida útil y su eficiencia.

Se ha instalado un inversor de 5000W. El inversor que se adecuía a las necesidades es el cargador/inversor Victron Multiplus 24-5000-120. Este inversor ofrece 5000VA de potencia continuada, permitiendo picos de arranque de hasta 10000W durante un periodo.



Imagen_8.4._ Cargador/Inversor Victron Multiplus 24-5000-120.

Por último, los soportes suelen ser universales y se adaptan a todo tipo de paneles dependiendo de la potencia. La potencia de los paneles instalados es de 260W. Para ello, se ha seleccionado unos soportes adecuados a la potencia que se puedan poner en cubiertas planas y que se pueda regular el ángulo para poder aproximar los 40° para así optimizar la producción en los meses de invierno.



Imagen_8.5._ Soportes.

La longitud es la de los paneles, de 1,64m. El ancho de los soportes es de 3,968m en la primera línea del Sur, donde hay 4 paneles y de 4,96m en la segunda línea de colectores. La distribución de los paneles en la cubierta está representada en el plano 9 de los anexos.

Además, los cálculos se pueden encontrar en el apartado 1.13, y las fichas técnicas de cada componente en el 9.3.

8.2. Cableado general

El dimensionamiento del cableado debe cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT 2002) [8] en todos los tramos de la instalación, tanto en los tramos de corriente continua que abarca desde el conjunto de elementos que generan hasta su conexión con el inversor, así como en los tramos de corriente alterna a partir de la salida del inversor hacia la instalación eléctrica interior de la vivienda.

La instalación, como especifica el plano 12 de los anexos, está compuesta por dos tramos diferentes de cableado. Por un lado el tramos de corriente continua, formado por dos conductores activos, positivo y negativo más el conductor de protección. Por otro lado, el tramo de corriente alterna, es de tipo monofásico y se encarga de alimentar la instalación interior de la vivienda, compuesto por dos conductores, fase y neutro, más el conductor de protección.

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las siguientes condiciones:

- Criterio térmico: La intensidad que circule por el cable debe ser inferior a la máxima admisible de cada sección en función de la temperatura del cable, tipo de aislamiento y su sección.
- Caída de tensión máxima permitida en los conductores: Mediante este criterio se limitan las pérdidas por caída de tensión en el cable. En este sentido, según se indica en IDAE, para los conductores de la instalación donde circule corriente continua, la máxima caída de tensión es del 1,5%.

En los apartados 1.10 y 1.11 de los anexos se especifican los detalles y los cálculos realizados para la elección de cada sección de la instalación.

8.3. Instalación eléctrica interior

Se debe tener en cuenta que la mayor parte de la instalación será en corriente alterna ya que todos los electrodomésticos funcionan así. No obstante se instala un sumidero en forma de ventilador en corriente continua para aquellos días donde la producción sea mayor que la demanda y la acumulación. Dicho sumidero se coloca en el cuartito de mantenimiento para proporcionar una correcta ventilación.

Como se puede observar en los planos, la instalación eléctrica consta de 5 circuitos independientes. Estos 5 circuitos con un diferencial independiente cada uno de ellos, permite proteger cada uno de ellos de sobrecargas y proteger a las personas de contactos indirectos en la instalación.

Circuito	Componentes	Color de cable en planos
C1	Iluminación	Verde
C2	Frigorífico y lavadora	Azul
C3	Cocina, estufa y extractor	Rojo
C4	Tomas de baño y salón	Amarillo
C5	Tomas de cocina y dormitorio	Magenta

Tabla_8.2._ Distribución de circuitos.

Cada circuito consta de 3 cables diferentes: fase (negro, marrón o gris), neutro (azul) y toma de tierra (verde y amarillo).



Imagen_8.6._ Tipos de cables.

Todos los circuitos llevan los 3 cables excepto el de la iluminación, que no lleva toma de tierra. La distribución queda recogida en la siguiente tabla:

Estancia	Circuito	Mecanismo	Nº mínimo	Superficie/Longitud
Terraza	C1	Luminaria	1	270Lm 3W 4,88m2
Salón	C1	Luminaria	1	270 Lm 149 Lux 3W 5,5m2
Salón	C1	Interruptor	2	-
Salón	C4	Enchufe	4	3 Zona televisor 1 Zona entrada

Baño	C1	Luminaria	1	370 Lm 2,5W 1m2
Baño	C1	Luminaria	1	290 Lm 149 Lux 3W 4,1m2
Baño	C1	Interruptor	2	-
Baño	C4	Enchufe	1	1 Zona espejo
Cocina	C1	Luminaria	1	330 Lm 6W
Cocina	C1	Luminaria	1	270 Lm 3W
Cocina	C1	Interruptor	3	-
Cocina	C2	Frigorífico	1	Frigorífico
Cocina	C3	Termoestufa	1	Termoestufa
Cocina	C3	Cocina	1	Cocina
Cocina	C3	Extractor	1	Extractor
Cocina	C5	Enchufe	2	Zona encimera Horno-microondas
Dormitorio	C1	Luminaria	1	540 Lm 160 Lux 3W
Dormitorio	C1	Interruptor	1	-
Dormitorio	C5	Enchufe	3	Zona cama
Cuartito	C1	Luminaria	1	290 Lm 149 Lux 3W
Cuartito	C1	Interruptor	1	-
Cuartito	C2	Lavadora	1	Lavadora

Tabla_8.3._Detalles de la instalación eléctrica.

Como se indica en el plano 10, la instalación consta de 5 cajas de derivación, una para cada circuito. Los cables serán de cobre y su sección viene determinada en la Guía-BT-19 [9] de los anexos. En concreto, dentro de la sección de instalaciones interiores hay una tabla que recoge las tipos de instalaciones de cables no enterrados, como es el caso. Más específicamente, la instalación pertenece al grupo A2 siendo cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aisladas. En los detalles constructivos se explica más detalladamente. La sección de los conductores a utilizar, deben evitar una caída de tensión mayor al 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de la vivienda.

En la tabla mostrada a continuación se exponen cómo están distribuidos los enchufes, interruptores, puntos de luz, metros de cable y tipo de cableado de cada circuito:

Circuito	Interruptores	Enchufes	Puntos de luz	m de cableado	Cableado
C1	9	0	8	37,3673	F,N
C2	0	2	0	4,4508	F,N,t,t
C3	0	3	0	7,2674	F,N,t,t
C4	0	5	0	11,7073	F,N,t,t
C5	0	5	0	12,0994	F,N,t,t

Tabla_8.4._ Componentes de cada circuito.

Para cerrar este apartado de soluciones eléctricas, se presenta como es el cuadro eléctrico de la vivienda que está situado en el cuarto de mantenimiento, donde se encuentra toda la instalación eléctrica. En el cuadro eléctrico están los 5 interruptores magnetotérmicos correspondientes a los 5 circuitos, todos ellos de 2 polos, uno para neutro y el otro para la fase, y el interruptor diferencial. Cumpliendo con la normativa vigente que se presenta en el BT-24 del REBT [10], se expone la siguiente tabla resumen donde se presentan las intensidades admisibles de cada interruptor con su respectivo circuito:

Magnetotérmicos	Nº Polos	Corriente Nominal (A)
MUN110A	2	10
MUN116A	2	16
MUN116A	2	16
MUN120A	2	20
MUN125A	2	25

Tabla_8.5._ Magnetotérmicos.

Interruptor diferencial	Nº Polos	Corriente Nominal (A)	Sensibilidad (mA)
Schneider Electric 40 A	2	40	30

 Tabla_8.6._ Interruptor diferencial.

8.4. Instalación eléctrica exterior

Como se ha comentado, esta parte de instalación destinada a la unión entre los diferentes componentes de la instalación fotovoltaica, se realiza en corriente continua. Los cálculos realizados para la elección de cada sección del tramo se encuentran en el apartado 1.11 de los anexos. En la siguiente tabla se recoge en forma de resumen las secciones instaladas en cada tramo de la instalación:

Tramo	Sección(mm2)
Generador-Regulador	6
Regulador-Baterías	6
Baterías-Inversor	6

 Tabla_8.7._ Secciones en cada tramo.

8.5. Protecciones

Para la protección y seguridad de la instalación, se debe instalar un cable adicional. El cable de protección sirve para conectar todas las masas metálicas de la instalación con el sistema de tierra, con el objetivo de evitar diferencias de potencial peligrosas.

El cable de protección es del mismo material utilizado en el resto de los cables, en este caso cobre, e irán colocados en el mismo conducto que los demás cables. La sección que debe tener cada tramo del conductor de protección viene dado por la siguiente tabla presente en el REBT 2002:

Tramo	Sección cable(mm2)	Sección protecciones(mm2)
Generador-Regulador	6	6
Regulador-Baterías	6	6
Baterías-Inversor	6	6

Tabla_8.8._ Secciones de las protecciones en cada tramo.

Una vez seleccionado el cable de protecciones, hay que seleccionar el diámetro de los tubos protectores. Para su determinación se emplea nuevamente la tabla presente en el REBT 2002 que se encuentra en el apartado 1.12 de los anexos. A continuación se presenta una tabla resumen donde se especifica en cada tramo los tubos de protección escogidos:

Tramo	Sección protecciones(mm2)	Conductos protectores(mm2)
Generador-Regulador	6	20
Regulador-Baterías	6	20
Baterías-Inversor	6	20

Tabla_8.9._ Secciones de los conductores de protección.

8.6. Grupo electrógeno de soporte

Existe la posibilidad de más días nublados de los que se han tenido en cuenta para el dimensionamiento de la instalación. Para solventar ese problema, se haría uso de un grupo electrógeno de soporte. Estos también contribuyen a la protección del medioambiente ya que sus emisiones son mucho menores que las emitidas por otra fuente no natural que aporte las mismas ventajas.

El grupo electrogeno aconsejado sería el PRAMAC E4500 230V. Puede generara una potencia de emergencia de 3900VA y consta de un motor diesel de la marca Yanmar con

arranque eléctrico.



Imagen_8.7._ Grupo electrógeno de soporte.

El grupo electrógeno va conectado directamente al inversor, de manera que cuando la demanda no sea solucionada ni con la instalación fotovoltaica ni con la almacenada en las baterías, se haría uso de este.

9. Soluciones a la demanda de ACS

En este próximo apartado se habla de las soluciones que se han tomado para la demanda de agua. Por un lado se hablará del estudio de ACS y sus soluciones, y por otro lado se presentará el sistema instalado y la distribución de cada elemento en la vivienda.

Como ya se ha comentado en el alcance del proyecto no se considera el suministro de agua, ni tampoco las soluciones a aguas residuales. No obstante, en el apartado 6 de los anexos se exponen unas posibles soluciones a la demanda de agua, así como unas fosas para la solución a las aguas residuales.

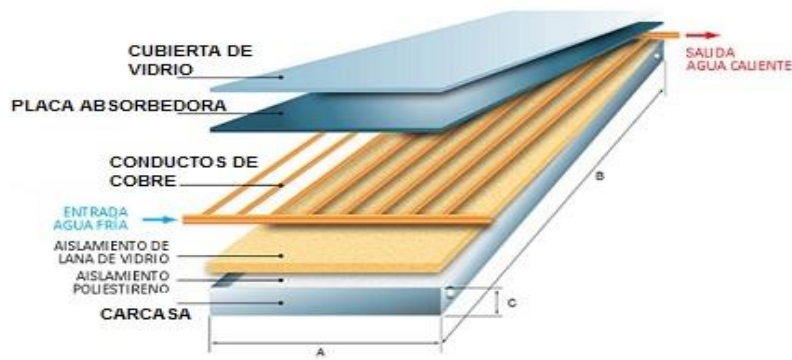
9.1. Estudio de ACS

Siguiendo nuevamente con la finalidad del proyecto, se han buscado soluciones que se adapten a la instalación y aporten un ahorro energético. Por eso se ha hecho uso nuevamente de la energía solar para producir agua caliente mediante un sistema termo solar.

Son muchos y diversos los paneles solares que existen en el mercado para captar y aprovechar la luz solar. Como se ha comentado en el apartado de demandas, para dos personas y teniendo en cuenta que estas no serán derrochadoras sino todo lo contrario, eficientes, ahorradoras y comprometidas; se estima que la demanda de ACS ronda los 28 litros por persona y día.

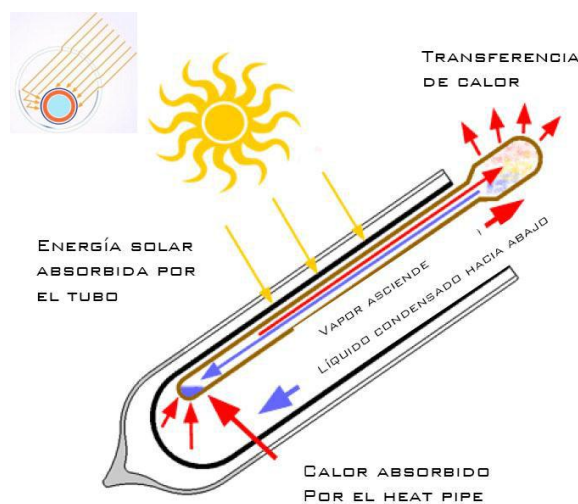
En la actualidad se pueden distinguir dos tipos de colectores: captadores solares planos y tubos de vacío (heat pipe).

- Captadores solares planos: Son los más habituales. Se componen de vidrio templado, un material absorbente que capta la energía solar y la transmite a un fluido calo portador, una superficie selectiva de energía solar que puede ser óxido de Cromo o TiNox y un armazón rectangular.



Imagen_9.1._ Captadores solares planos.

- Tubos al vacío: Son más eficientes que los captadores planos pero se suelen usar en procesos industriales o zonas de climas fríos. No obstante su precio suele ser dos o tres veces más elevado que los captadores planos, lo que hace mayor su amortización. Además, son más frágiles a roturas y necesitan mayor mantenimiento debido a una menor resistencia y por tanto una menor vida útil.



Imagen_9.2._ Tubos al vacío.

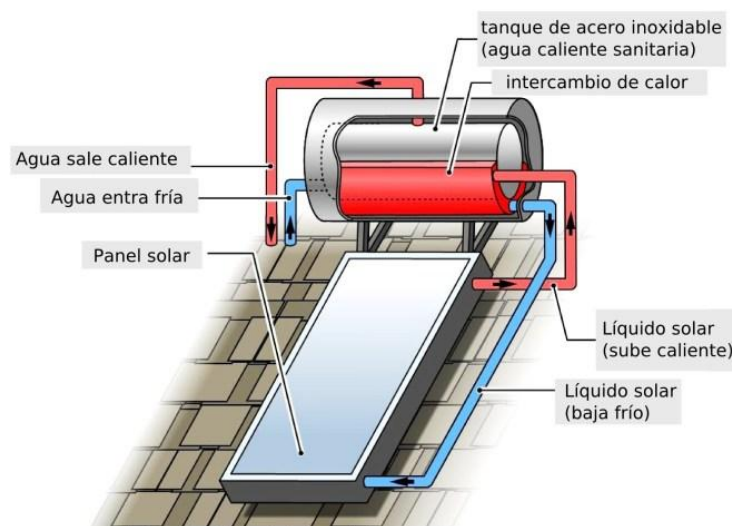
Una vez presentados los dos sistemas de captación solar, se escoge el uso de captadores solares planos. Este sistema es el más habitual en uso doméstico debido a su menor mantenimiento y su fiabilidad.

9.2. Sistema termosifón

Dentro de los sistemas de captación solar plana se distinguen dos sistemas diferentes según la forma de circulación del fluido: termosifón y circulación forzada.

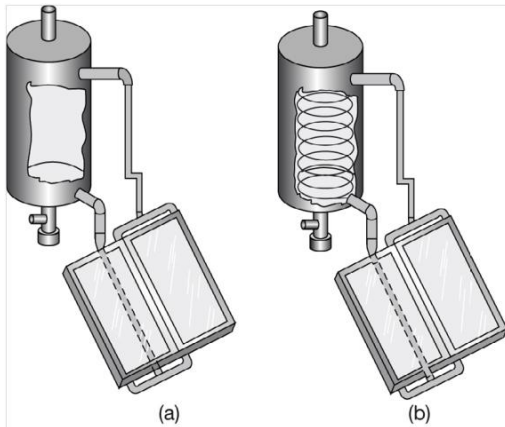
Principalmente se descarta la opción de un sistema forzado debido a que con una instalación de este tipo hay que hacer uso de más componentes en la instalación, como bombas o vasos de expansión, los cuales hacen el sistema más complejo.

Por tanto se ha instalado el termosifón.



Imagen_9.3._ Instalación termosifón sobre cubierta inclinada.

El termosifón consiste en el movimiento del agua producido por la diferencia de temperatura entre el agua fría del depósito y el líquido caliente proveniente del captador. El sistema funciona por densidades, de manera que a medida que se calienta el agua del depósito, esta al tener menor densidad, asciende a la salida del ACS. Según el CTE [11], en caso de instalar este sistema, debe ser de forma indirecta, es decir, se usará un intercambiador de calor, con un fluido de trabajo que se ajuste a las necesidades y debe situarse dentro del sistema de funcionamiento, formando dos circuitos independientes.



Imagen_9.4._ a) Sistema directo. b) Sistema indirecto.

En este tipo de sistemas, el diseño y montaje es muy importante ya que debe favorecer el movimiento de agua caliente. Para ello influyen dos factores. Por un lado la diferencia de temperaturas entre la parte baja y alta del depósito y la salida del captador. Y por otro lado, la diferencia de altura entre el depósito y los captadores. En definitiva, se trata de un sistema eficiente y seguro.

Finalmente, la opción más rentable para pequeños consumos como es el caso, es el equipo termosifón Junkers de 150 litros, el cual es fácil de manejar y está equipado con un captador Smart FCC-2S apto para cubiertas planas. La ficha técnica puede verse en el apartado 9.4.1 de los anexos. Su distribución e instalación se especifica en el plano 13 de los anexos.

Sistema	Marca	Captador	Peso lleno	Litros	Tipo de sistema	Tipo de intercambiador
Termosifón	Junker	TS 150-2 E	290 kg	150 l	Circuito indirecto	Doble envoltente

Tabla_9.1._ Modelo de termosifón instalado.



Imagen_9.5._ Termosifón Junker TS 150-2 E.

9.2.1. Componentes

Componentes del termosifón
Sistema de captación
Fluido
Aislamiento
Intercambiador
Almacenador

Tabla_9.2._ Componentes del termosifón.

- Sistema de captación: Encargado de recibir la radiación solar y transferir esta energía a un fluido térmico que circula por el interior. Existen los vidriados y los no vidriados, siendo los últimos menos eficientes debido a su pérdidas. Dentro de los captadores solares planos, tras la cubierta de cristal, se encuentra la placa absorbente. Se trata de una placa metálica de color oscuro con la finalidad de mejorar su capacidad absorbente de la radiación solar. La radiación solar que incide, atraviesa la cubierta de cristal debido a que son radiaciones electromagnéticas de onda corta. Por tanto la placa absorbe parte de la radiación aumentando la temperatura y la otra parte de la radiación la vuelve a reflejar. Esta radiación reflejada se emite como radiación de onda larga (infrarroja) la cual no puede atravesar el cristal y provoca el efecto invernadero, aumentando todavía más la temperatura.
- Fluido: Dentro de la placa circula el fluido térmico de trabajo (60% agua y 40% glicol), constituido por un líquido anticongelante, junto con otros aditivos para evitar la corrosión de la instalación. Por ello, el fluido nunca debe entrar en contacto con el agua de consumo. Como se ha comentado, el CTE ya especifica que se tienen que tratar dos circuitos independientes.
- Aislamiento: Para reducir las pérdidas de calor hacia el exterior se coloca un material aislante en el fondo de la carcasa y por los laterales. Suele tratarse de lana mineral o espumas de poliuretano que rondan el coeficiente de conductividad térmica de $0,04 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ y debe soportar sin problemas temperaturas de hasta 150°C .

- Intercambiador de calor: La solución más empleada es el intercambiador de calor interno mediante serpentín. Consiste en sumergir una tubería de cobre o acero inoxidable enrollada en forma de espiral dentro del tanque de acumulación. No obstante, al situar el depósito de forma horizontal, se usa el sistema de doble envolvente. Este sistema consiste en un depósito dentro de otro. De esta manera, el fluido calo portante del circuito primario entra rellenando el espacio comprendido entre ambos depósitos. Así, el fluido calo portante queda rodeando el volumen de almacenamiento donde se calienta el agua.
- Almacenamiento: Un buen depósito acumulador debe contener una envolvente aislante que minimice las fugas de calor al exterior, un volumen de capacidad adecuado al consumo de agua caliente previsto, ser seguro y ofrecer una larga vida útil. Suelen ser de forma cilíndrica para facilitar el fenómeno de aislamiento por capas y existen de diversos volúmenes.

9.3. Sistema auxiliar

A la hora de instalar sistemas termo solares hay que tener en cuenta que seguro que pongamos el sistema que pongamos no va a ser suficiente para calentar el agua a nuestro gusto durante todo el año. Debido a los cambios de clima, pueden llegar a cubrir aproximadamente el 70% de la demanda de agua caliente anual dependiendo de la zona geográfica donde se sitúe la vivienda. Las razones son las ya conocidas y comentadas, y es que existe la posibilidad de una serie de días nublados y de frío que impiden que la instalación funciones como debería un día soleado. Por ello, el estudio de la vivienda se ha realizado en una zona geográfica donde las condiciones de radiación solar son mínimas.

El suministro de agua caliente para obtener mayor confort y calidad de vida precisa de una temperatura ideal de salida entre 37°C y 42°C. Para solucionar este hándicap se ha instalado un sistema de emergencia y refuerzo para la demanda de ACS aquellos días en los que los captadores no calienten el agua a la temperatura deseada.

Actualmente hay diversos sistemas auxiliares para ACS como por ejemplo las calderas tradicionales, de gas natural, de propano, de gasoil, de biomasa etc.

Su elección dependerá de las necesidades de cada vivienda. Las calderas de biomasa con respecto el resto, siempre ofrecen un mayor rendimiento, una mayor eficiencia y por tanto, un mayor ahorro.

Siguiendo con la ideología del proyecto de conseguir reducir emisiones se escoge el uso de

caldera de biomasa, las cuales utilizan como fuente de energía, combustibles naturales como los pellets, la madera o los huesos de aceitunas.

Estos combustibles producen emisiones mínimas de CO_2 . Pese a la mayor inversión inicial, el combustible usado tienen menor precio y más estable en comparación con otros combustibles convencionales y contaminantes.

Además, su mantenimiento es sencillo y tiene una alta resistencia al desgaste consiguiendo una eficiencia energética de entre el 75% y el 97% y una larga vida útil.

Finalmente, se ha instalado una hidroestufa. El modelo instalado pertenece a la marca Cadel, modelo IBIS 11kW.



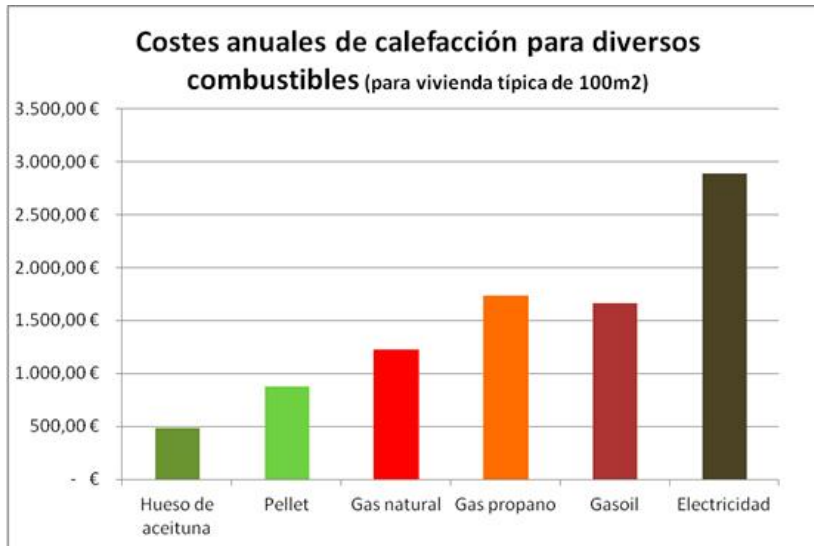
Imagen_9.6._ Hidroestufa Cadel, modelo IBIS 11kW.

Este sistema, de 96% de eficiencia, consta de programación semanal, termostato, mando de distancia y sensor de temperatura del agua. Dicho sistema permite, además de hacer de estufa emitiendo por radiación calor a la estancia en la que se encuentra, la generación de ACS tanto para consumo como para calefacción. Su ficha técnica se encuentra en el apartado 9.5 de los anexos.

A la hora de la funcionalidad, una de las diferencias entre una hidroestufa y una caldera tradicional es su estética, puesto que se suelen colocar en espacios donde luzcan por estética. Otra diferencia es que suelen ser de menor potencia. Para las dimensiones que

tiene la casa junto a sus buenos asilamientos, hacen que no suponga un problema.

Una vez seleccionada, viene la puesta a punto. En primer lugar, conviene elegir el tipo de biomasa que se va a utilizar. En la siguiente imagen, se puede ver el gasto anual en euros de cada combustible:



Imagen_9.7._ Comparación de costes anuales de diversos combustibles. [12]

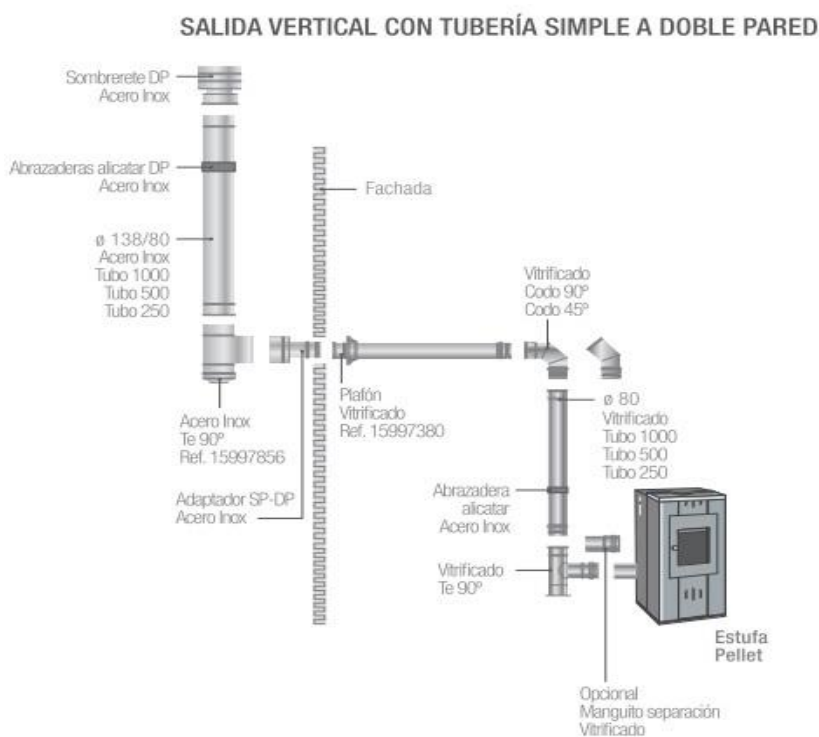
Como se puede observar, el hueso de aceituna es el combustible más rentable. No obstante, se ha optado por hacer uso del pellet. La calidad del pellet es siempre constante, dependiendo de su certificación, su granulometría, humedad, etc. Al estar estos valores dentro de unos parámetros controlados, implica que la hidroestufa de pellets funcionará correctamente. Además, el precio del pellet suele mantenerse y hay una amplia disponibilidad en el mercado.



Imagen_9.8._ Biomasa de pellet.

Como la ficha técnica presente en el apartado 9.5 indica, la hidroestufa de pellets consume entre 0,8 y 2,5 kg de pellets a la hora según como esté regulada la potencia. El precio en el mercado suele rondar los 3,7€ el saco de 15 kg o 260€ los 1050kg que tiene un pallet de 70 sacos.

Al ser instalada en una vivienda unifamiliar, es sencilla y no hay que preocuparse mucho por ella. La instalación debe tener una salida de humos directamente al exterior y aislada de cualquier posible peligro como se puede ver en la imagen:



Imagen_9.9._ Salida de humos.

En el plano número 15 de los anexos, se puede ver con más detalle cómo está instalada la salida de humos.

9.4. Conexionado

A continuación se expone cómo van a estar conectados los sistemas de agua de la vivienda.

Como se puede observar, el conjunto esta formados por:

Elemento	Nº indentificación
Termosifón	1
Interaculumulador	2
Hidroestufa	3
Fregadero	4
Inodoro	5
Ducha	6
Lavamanos	7
Lavadora	8

Tabla_9.3._ Componentes de la instalación de ACS y AFS.

El conexionado entre el almacenador primario y el secundario tiene la finalidad de que se pueda poner el agua estancada a más de 70°C en cualquier momento para eliminar y prevenir la legionelosis. Debido a la importancia de la prevención de la bacteria, el CTE, en el Documento Básico HS4 [13], analiza con detalle los reglamentos para tratarla.

Concretamente especifica que las instalaciones de producción de ACS con acumulación y recirculación son del grupo 1, es decir, de mayor riesgo, como es el caso.

El hábitat natural de la *Legionella Pneumophila* es el agua. Para que la bacteria entrañe riesgo para las personas es preciso que colonice las instalaciones a través de las redes de distribución de agua potable. Su desarrollo necesita una temperatura adecuada, unos requisitos como nutrientes apropiados que se encuentren en el sistema y por último agua remansado o con poca velocidad de circulación.

Para su prevención y eliminación se ha decidido hacer el conexionado de esta manera cumpliendo con los detalles del reglamento, la guía de IDAE y la guía de prevención y control de legionelosis en instalaciones que se encuentra en la normativa aplicada del apartado 4 de esta memoria.

9.5. Distribución de tuberías

Las tuberías son un componente fundamental en una instalación de suministro de agua. Su finalidad es distribuir el agua a los puntos de consumo dentro de los edificios, así como también se encarga de llevar el agua a las instalaciones que lo requieran como la calefacción, grifos de riego en jardines etc.

A la hora de la elección de las tuberías se debe tener en cuenta varios aspectos. En primer lugar la compatibilidad con el fluido. Se debe cuidar que el material con el que estén fabricadas las tuberías sea compatible con el fluido a transportar, por lo que no afectará a su composición ni producirá reacciones con el mismo.

Por otro lado la presión de trabajo. Las tuberías deben ser capaces de soportar la presión de trabajo de la instalación, pero al tratarse de una instalación de una única planta, no son necesarios grupos de elevación ni equipos de bombeo. Según el CTE HS4, en los puntos de consumo la presión mínima debe ser de 100kPa para grifos comunes y 150 kPa para calentadores. Además, la presión en cualquier punto de consumo no debe superar los 500 kPa.

Por último, la temperatura de trabajo. Las tuberías deben mantenerse estables con las temperaturas de trabajo de la instalación. El material empleado debe poder soportar periódicamente 70°C para prevención de legionelosis. La temperatura habitual rondará los 40°C-45°C.

La siguiente tabla recoge los diferentes materiales usados hoy en día:

Materiales usados	Tipo de material
Acero galvanizado	Metales
Acero inoxidable	Metales
Cobre	Metales
Policloruro de vinilo no plastificado	Termoplástico
Policloruro de vinilo clorado	Termoplástico
Polietileno	Termoplástico
Polietileno reticulado	Termoplástico
Polibutileno	Termoplástico

Tabla_9.4._ Materiales típicos en tuberías.

Comparativa entre Sistemas de Alimentación de Agua									
Materiales	Agua caliente	Calefacción	Para exterior	Tipo de conexión	Fácil instalación	Características		Coste instalación	Diámetros disponibles
Polibutileno	✓	✓	✗	Empujar	~ +	Soporta hasta 12 bares	Flexible	No corrosión	~ + 15, 22
Multicapa compresión	✓	✓	✗	Roscar	~ +	Soporta hasta 20 bares	Flexible	No corrosión	~ + 16, 20, 25
PPR	✓	✓	✗	Máquina Termofusión	~ +	Soporta hasta 20 bares	Rígido	No corrosión	~ + Sin comprar la máquina 20, 25
Cobre	✓	✓	✗	Soldar	~ +	Soporta hasta 20 bares	Rígido	Muy resistente	~ + 12, 15, 18, 22
Poliétileno	✗	✗	✓	Roscar	~ +	Soporta hasta 10 bares	Flexible	No corrosión	~ + 20, 25, 32
PVC Presión	✗	✗	✗	Encolar	~ +	Soporta hasta 16 bares	Rígido	No corrosión	~ + 20, 25, 32, 40, 50

Tabla_9.10._ Comparativa de materiales de tuberías.

Como el CTE especifica, queda expresamente prohibido el uso de tubos de aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo.

Las que mejor se ajustan a la demanda del proyecto, y que además son las más usadas pese a su mayor precio, son las de cobre, metal con alta resistencia a la corrosión y pueden soportar sin problema temperaturas muy elevadas.



Imagen_9.11._ Tuberías instaladas.

9.6. Almacenador

La primera parte de la producción vendrá dada por el termosifón, donde el almacenado tendrá una entrada de alimentación de agua fría y una salida de agua caliente del termosifón. La salida está conectada a otro almacenador, más pequeño, pero también aislado. Este segundo interacumulador, que permite disponer de agua caliente sanitaria las 24 horas de día, se encuentra en el interior de la vivienda como especifican los planos, en el cuarto de las instalaciones.

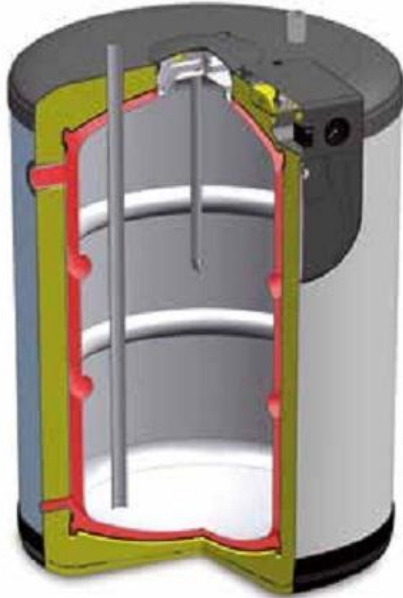
Existen dos tipos de interacumuladores dependiendo de su estructura.

Por un lado están los acumuladores con serpentín en el interior. Por él circula el fluido caliente del circuito aislado primario proveniente de la hidroestufa de pellets cuya función es calentar el agua de dentro del acumulador por convección.



Imagen_9.12._ Interacumulador con serpentín.

Por otro lado, encontramos los acumuladores de doble envoltente; un depósito dentro de otro. En el interior se encuentra el agua a calentar, mientras que por el exterior circula el fluido caliente procedente de la hidroestufa. En este caso la superficie de contacto es mayor, y por tanto mayor transferencia de calor.



Imagen_9.13._ Interacumulador con doble envoltente.

En ambos casos debe estar perfectamente aislado para que las pérdidas sean mínimas y poder así maximizar la eficiencia del sistema.

Finalmente, en el proyecto se utiliza un interacumulador de doble envoltente. En concreto el acumulador doble función multiposición D40 de la marca Coballes, modelo D40-100/70L, de 70 litros aprovechables cuya ficha técnica se encuentra en el apartado 9.4.2 de los anexos. Este acumulador fabricado de acero inoxidable está formado de dos depósitos. El interior, calienta al baño maría, y está destinado a la acumulación de ACS. El agua del depósito exterior se puede calentar mediante diversas fuentes, especialmente calderas de biomasa. Dicho depósito está adaptado a la directiva de ecodiseño y aislado mediante espuma de poliuretano inyectado de la más alta calidad. En los anexos se puede ver la ficha técnica más detalladamente.

Marca	Modelo	Peso vacío (kg)	Capacidad (L)
Coballes	D40-100/70	36	70

Tabla_9.5._ Coquillas de aislamiento instaladas.



Imagen_9.14._ Interacumulador con doble envoltente instalado.

9.7. Dimensionado de tuberías y aislantes

Como se ha comentado, las tuberías serán de cobre puesto que no se altera con las temperaturas, además no es inflamable, ni se funde, ni favorece la combustión. Las uniones son mediante soldadura por capilar y los accesorios también son de cobre.

A la hora de la elección de los diámetros de las tuberías de la instalación se debe considerar que al tratarse de una instalación sencilla, sin diferentes niveles de altura que puedan afectar a la presión de la instalación, no tendremos demasiados inconvenientes.

Al no tener ningún tramo desfavorable a partir del cual empezar a realizar el estudio, se ha realizado a nivel general. Partiendo de las tablas de dimensiones mínimas de los documentos básicos HS4, la instalación se ajusta a los mínimos para reducir los consumos y con ello, los costes.

Por tanto, las tuberías de alimentación, al tratarse de cobre, serán de 22 mm de diámetro. Mientras que para las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace, se tienen en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y se dimensiona en consecuencia.

Los 4 ramales correspondientes a la ducha, lavamanos, inodoro con cisterna y fregadero doméstico son de 12 mm de diámetro, mientras que para la lavadora es de 22mm.

Aparato o punto de consumo	<i>Diámetro nominal</i> del ramal de enlace	
	Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	½	12
Lavabo, bidé	½	12
Ducha	½	12
Bañera <1,40 m	¾	20
Bañera >1,40 m	¾	20
Inodoro con cisterna	½	12
Inodoro con fluxor	1- 1 ½	25-40
Urinario con grifo temporizado	½	12
Urinario con cisterna	½	12
Fregadero doméstico	½	12
Fregadero industrial	¾	20
Lavavajillas doméstico	½ (rosca a ¾)	12
Lavavajillas industrial	¾	20
Lavadora doméstica	¾	20
Lavadora industrial	1	25
Vertedero	¾	20

Imagen_9.15._ Consumos de cada elemento de fontanería.



Imagen_9.16._ Diámetros aconsejados.

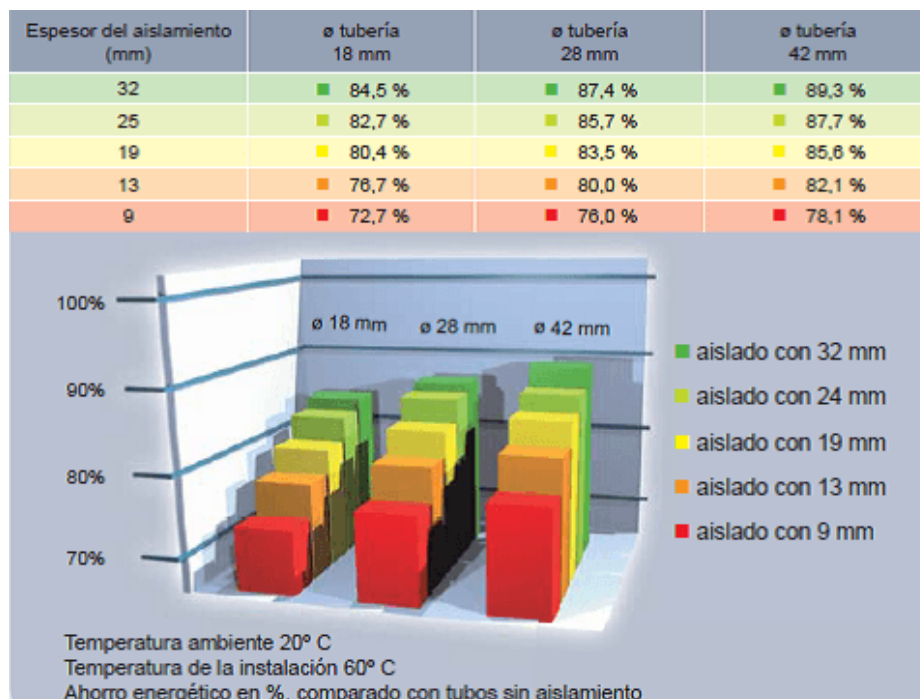
Para el circuito de calefacción, el cual consta de un único radiador, al tratarse de una alimentación menor a 50kW de potencia, se usa un diámetro de 12mm.

Todas ellas con un espesor de 1mm, se obtienen un total de 25,2 metros de tubería de diámetro 12mm, y un total de 12 metros de tubería de 22mm de diámetro distribuidos como indica los planos.

Una vez seleccionado el material, y los diámetros de las tuberías, hay que tratar otro de los aspectos más importantes de las instalaciones. No debe olvidarse que van a funcionar todo el año y las temperaturas de distribución y a las que están expuestas las tuberías pueden variar. Por ello es muy importante el aislamiento que tendrán las tuberías tanto las de ACS como las de agua fría.

Definir el material y el espesor del aislante de una determinada instalación puede ser función de varios criterios.

El aislamiento térmico de las tuberías y conductos supone un ahorro energético de hasta un 90% respecto a las instalaciones sin aislar según IDAE.



Imagen_9.17._ Comparativa de espesores con sus respectivos ahorros.

Entre los criterios a tratar más importantes para la elección del aislamiento térmico de las tuberías se tiene:

- Conductividad: Cuanto menor sea la conductividad, mejor será el aislamiento térmico del material.
- Espesor: Lógicamente, cuanto mayor sea este valor, mejor comportamiento térmico se obtiene. Esta magnitud, aportada por los fabricantes en milímetros, está estrechamente relacionada con los requerimientos normativos del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), en los que se fijan los espesores a emplear, en función de la temperatura de trabajo y los diámetros de la tubería.
- Rango de temperaturas de trabajo: Es necesario que se aporten las temperaturas máximas y mínimas de trabajo a las que pueden ser sometidas.
- Reacción al fuego: Aunque no es un dato a tener en cuenta para la eficiencia y ahorro energético, sí lo es en cuanto a seguridad y adecuación a la normativa sobre

materiales empleados en las instalaciones y su reacción al fuego. La clasificación en cuanto a su reacción al fuego, debe ser la correspondiente a la norma UNE EN 13501-1:2007+A1:2010 [14] y los requerimientos exigidos en el documento básico del CTE.

Finalmente, ajustándonos a las especificaciones se han escogido las coquillas de elastómero extruido de célula cerrada Nitril-PVC debido a que son fáciles de manipular, cumplen perfectamente las especificaciones técnicas y son las más económicas y comunes.



Imagen_9.18._ Coquillas de aislamiento instaladas.

Para la elección del espesor, cumpliendo con la tabla de Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), se escogen los espesores adecuados a las tuberías instaladas.

ESPESOR (mm) AISLAMIENTO TERMICO TUBERIAS. CALOR				
DIAMETRO EXTERIOR TUBERIA (mm)	TEMPERATURA MAXIMA DEL FLUIDO			
	40 a 60 °C		> 60 a 100 °C	
	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR
$D \leq 35$	25	35	25	35
$35 < D \leq 60$	30	40	30	40
$60 < D \leq 90$	30	40	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	40	50
$140 < D$	35	45	40	50
$\lambda_{ref} = 0,040 \text{ (W/m} \cdot \text{K) a } 10^\circ\text{C}$				

Imagen_9.19._ Tabla de espesores. (RITE)[15]

Al tratarse toda la instalación de diámetros exteriores inferiores a 35mm y ser interiores, como indica la tabla, se aplican los espesores de 25mm a toda la instalación.

La longitud total de aislante para tubería necesario es de 37,2 metros, incluida la calefacción.

	longitud (m)	Diámetro(mm)	Espesor aislante (mm)
Tubería 12	25,5	12	25
Tubería 22	12	22	25

Tabla_9.6._ Aislantes instalados.

9.8. Componentes de la fontanería

En este apartado se explican los distintos dispositivos que se instalan para aportar un ahorro de agua, así como una guía de buenas prácticas para hacer un uso correcto de ello. En todo momento se busca e intenta reducir al máximo los consumos de agua para conseguir una mayor eficiencia. Por ellos a la hora de montar el equipamiento de la vivienda se han aplicado todos los posibles dispositivos que ayudan a reducir los consumos innecesarios de agua.

9.8.1. Baño

En el baño, como los planos indican, está compuesto de una ducha, un inodoro y un lavamanos.

En primer lugar, en el lavamanos se aplican perlizadores en el grifo. La utilización de estos sistemas en los grifos reduce entre un 50% y un 60% el consumo de agua y energía. Su aplicación es sencilla ya que se encajan en la boca del grifo. Su finalidad es reducir el caudal de agua que sale por el grifo mezclándolo con aire a la hora de la salida. Normalmente los grifos suministran entre 8 y 10 litros por minuto con presiones de 3 bar, que es demasiado para la mayoría de necesidades. Mediante el uso de perlizadores se puede limitar entre 5 y 8 litros por minuto.



Imagen_9.20._ Perlizadores instalados.

Por otro lado, se aplica un grifo con temporizador el cual limita el tiempo de apertura entre 5 y 15 segundos ahorrando entre un 40% y un 60% de agua.



Imagen_9.21._ Grifo temporizador instalado.

En referencia al inodoro, se ha buscado una solución para el máximo aprovechamiento del agua que rellena la cisterna. En una primera instancia se miró de instalar un tipo de desinfectante para aprovechar el agua del lavamanos de tal modo que tras un proceso químico sencillo, estas aguas grises pudieran rellenar la cisterna. Finalmente se descartó porque tiene que estar enchufado a la corriente y supondría consumo eléctrico, y porque todavía no existen modelos reales en el mercado.

No obstante, se ha instalado otro tipo de ahorro y aprovechamiento. Los inodoros grifo cisterna. Aplicando dicho sistema, se reduce a casi la mitad el consumo de agua a la hora de lavarse las manos tras hacer las necesidades. De esta manera el agua que se usa para llenar la cisterna, previamente se usa para lavarse las manos.



Imagen_9.22._ Inodoro instalado.

Se trata de un inodoro de capacidad reducida y que además está dotado de un sistema de doble pulsador, que permite la descarga de un volumen determinado. En concreto, los inodoros de doble descarga no superan los 4 litros, mientras que los de simple descarga consumen entre 4,5 y 6 litros.

Por último, en relación a la ducha, se trata de una cabina cerrada a la que se aplican grifos termostáticos. Este sistema permite seleccionar la temperatura de salida del agua evitando pérdidas de agua a la hora de ajustarla. Además se instalan reductores de caudal que permiten ahorrar cerca del 50%. Otra de las maneras innovadoras aconsejadas en las guías de buenas prácticas es la instalación de la bolsa Esferic. Se trata de una bolsa de plástico. Un sencillo invento que permite ahorrar muchos litros de agua al año. Consiste en colgar la bolsa dentro de la ducha y meter la alcachofa dentro hasta que salga la temperatura deseada. Posteriormente esta agua puede ser utilizada para otras tareas.

9.8.2. Lavadora

Como se ha comentado en el apartado de demanda eléctrica, se trata de una lavadora de clase A+++. Los cálculos se han realizado instalando la lavadora Bosch WAT28660EE. Su tecnología ajusta la cantidad de agua a usar según las necesidades para unos resultados excelentes. Se consigue reducir el consumo de agua hasta un 12% frente a un llenado convencional gracias a su ajuste lineal del nivel de carga. Además, permite hacer el lavado un 60% más rápido consiguiendo en total que el lavado sea un 20% más eficiente. Como la ficha técnica de los anexos indica, su consumo anual es de 9900 litros al año, que en comparación con lavadoras menos eficientes, es muy inferior.



Imagen_9.23._ Lavadora Bosch instalada.

9.8.3. Fregadero de la cocina

En este caso, una vez más se instalan perlizadores, que como ya se ha comentado reducen mucho el consumo de agua.

9.8.4. Sistema de calefacción

Como los planos indican, la vivienda cuenta con únicamente un radiador. Dicho radiador se encuentra en el dormitorio. Su circuito cerrado tiene que llevar el agua caliente por su interior desde la caldera de pellets hasta el radiador. Serán dos tuberías paralelas, una de ida y otra de venida del agua. El circuito, se trata de un circuito cerrado, el cual consta de 7,2 metros de tubería de cobre con su respectivo aislante térmico ya especificado.



Imagen_9.24._ Radiador.

10. Soluciones al confort térmico

En España la mitad de los edificios están contruidos sin la protección térmica adecuada. Como IDAE expone, el consumo de energía de las viviendas españolas supone alrededor del 20% del consumo total del país, y que en los últimos 15 años se ha observado un crecimiento ascendente y sostenido.

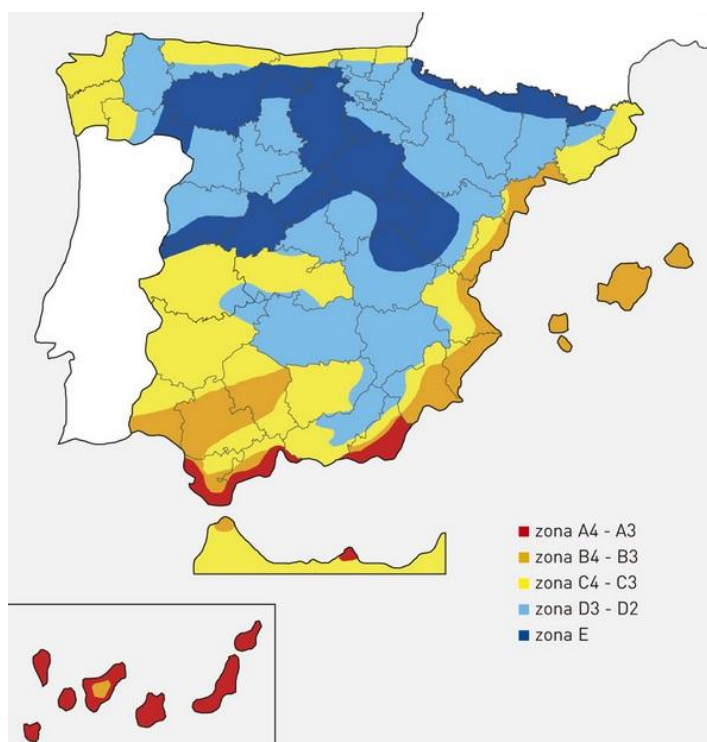
Con la reciente entrada en vigor del Real Decreto 314/2006[16], el CTE pretende reducir el consumo energético de los edificios ya sean de nueva construcción o rehabilitación. Además, España siendo miembro de la Unión Europea, contribuye al objetivo 20/20/20 plasmado en la Directiva 2012/27/UE [17] con el objetivo de:

- Reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- Obtener al menos el 20% del consumo energético a partir de fuentes renovables, y al mismo tiempo cubrir el 10% de las necesidades del transporte con biocombustibles.
- Reducir un 20% el consumo energético respecto a las cifras proyectadas para el 2020.

Por tanto, el aislamiento térmico es fundamental e imprescindible para garantizarnos la eficiencia energética, el ahorro ambiental y el confort térmico de las viviendas. Una vivienda mal aislada necesita más energía para la climatización ya que por ejemplo en invierno, se enfría rápidamente si no se dispone de un buen aislamiento; y en verano, se calienta más y en menos tiempo. Como consecuencia, el nivel de eficiencia de la vivienda baja, generando

altos consumos energéticos, elevadas emisiones de CO_2 , no confort térmico y mayor gasto económico.

Actualmente, el CTE en su documento básico DB-HE1 [18], define valores orientativos de transmitancia térmica U ($W/K \cdot m^2$) para cada una de las zonas climáticas.



CERRAMIENTOS OPACOS			U _{medio} [W/m²K]	U _{límite} [W/m²K]				
				ZONA CLIMÁTICA				
				A	B	C	D	E
Cubiertas	Al exterior	UC1 AC1	$\frac{\Sigma(A-U)}{\Sigma A}$	0.50	0.45	0.41	0.38	0.35
	A espacio no habitable	UC2 AC2						
	Pte. Térmico-lucernario	UPC APC						
	Lucernario	UL AL						
Fachadas	Al exterior	UM1 AM1	$\frac{\Sigma(A-U)}{\Sigma A}$	0.94	0.82	0.73	0.66	0.57
	A espacio no habitable	UM2 AM2						
	Pte. Térmico-contorno hueco	UPF1 APF1						
	Pte. Tér.-pilar	UPF2 APF2						
	Pte. Tér.-capialzado	UPF3 APF3						
Suelos	Soleras	US1 AS1	$\frac{\Sigma(A-U)}{\Sigma A}$	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48
	A espacio no habitable	US2 AS2						
	Al exterior	US3 AS3						
Cerramientos en contacto con terreno	Muros de sótano	UT1 AT1	$\frac{\Sigma(A-U)}{\Sigma A}$	0.94	0.82	0.73	0.66	0.57
	Cubiertas enterradas	UT2 AT2						
	Suelos a profundidad mayor de 0.5 m	UT3 AT3						

Imagen_10.1._ Zonas climáticas y sus valores.

Como se puede ver en la imagen, la península está dividida en 5 zonas climáticas. A lo que el proyecto se refiere, se han calculado las pérdidas de calor a través de cada fachada expuesta al exterior. Principalmente se distinguen 3 zonas expuestas: La fachada, la cubierta y el suelo. Cada zona, consta de distintos materiales expuestos, como por ejemplo en la fachada, se puede contemplar el muro, los marcos de las ventanas y el cristal.

10.1. Fachada

La fachada está expuesta a los 4 puntos cardinales. Como los detalles constructivos de los planos indican mejor, la mayor parte de las ventanas están expuestas al Sur. En la fachada Norte hay una gran ventana para poder crear una ventilación en aquellos días de calor, provocando una recirculación del aire. En las fachadas hay 3 materiales expuestos que los agruparemos en 3 grupos: muro, perfiles y acristalamiento.

10.1.1. Muro

El muro consta de 4 materiales distintos puestos contiguamente. En primer lugar partiendo desde el exterior se encuentra los paneles GRC tipo sandwich. Dicho panel, mejor descrito en la ficha técnica de los anexos, está formado por dos láminas de GRC (Glassfibre Reinforced Concrete) separadas por un núcleo de poliestireno expandido.

Los paneles GRC son un compuesto de una matriz de mortero reforzado con fibra de vidrio resistente. Las ventajas del GRC son múltiples. Para empezar, y siguiendo la ideología del

proyecto de reducir tanto los costes de construcción como las emisiones de CO_2 , los paneles GRC facilitan al máximo el transporte y montaje ya que trabajando con ellos se puede cerrar un edificio en pocos días. Además, promueven la construcción sostenible y reducen costes al minimizar la carga y cimentación del edificio. Por último, destacar su resistencia a la tracción y flexión, su gran resistencia al impacto y la aptitud de reproducción de detalles de superficie.

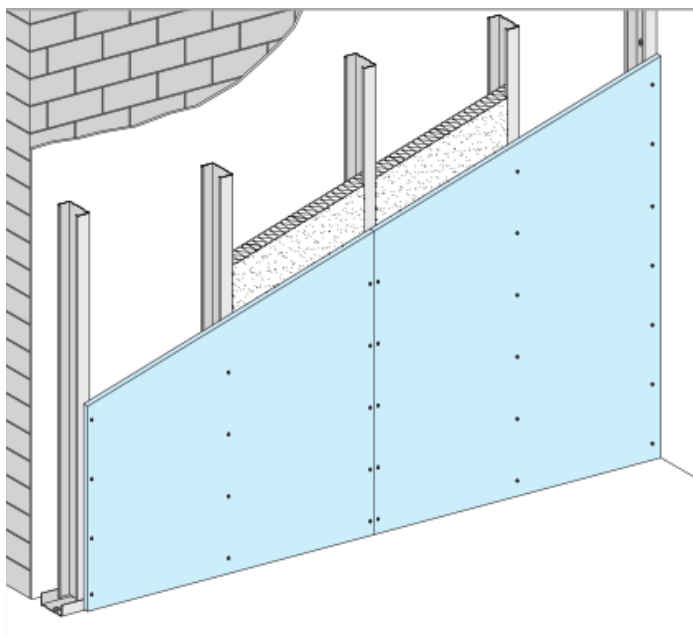
Los paneles tiene un grosor de 100mm con un coeficiente de conductividad térmica de 0,6

$W/m \cdot K$ y una capa de acabado de 1 mm.



Imagen_10.2._ Paneles GRC.

A continuación se encuentra la capa de acero corten que forma el contenedor. Para no dañar y así evitar que la estructura del contenedor pierda sus cualidades constructivas, la pequeña capa de 3,5mm de grosor y una conductividad térmica de $0,58 \frac{W}{^{\circ}C \cdot m}$ se dejará, excepto en los lugares donde vaya a haber ventana o puerta. Por último se tiene el trasdosado autoportante. Esta capa consta de una estructura metálica de acero galvanizado formando un rail donde va enganchado el pladur.



Imagen_10.3._ Trasdosados.

Cabe destacar la facilidad con la que se construye, ya que el peso del trasdosado sin aislamiento es de 15 kg/m^2 . El espesor del pladur es de 9,5mm y tiene un coeficiente térmico de $0,21 \text{ W/}^\circ\text{C} \cdot \text{m}$. Por los canales, como se puede observar en la imagen, se coloca el aislante de lana mineral de conductividad térmica de $0,036 \text{ W/}^\circ\text{C} \cdot \text{m}$. Teniendo en cuenta los espesores del pladur y el aislante, se obtiene un espesor total de aproximadamente 90mm.

GRC 100 mm
Capa impermeabilizante 1,5 mm
Chapa acero corten 3,5 mm
Lana mineral 80 mm
Pladur 9,5 mm

Tabla_10.1._ Componentes muro.

10.1.2. Perfiles

A la hora de elegir el tipo de cerramiento se vuelve a presentar el mismo hándicap. El cerramiento de una vivienda define mucho la eficiencia de esta. Por ello sale a cuenta equipar la casa con materiales eficientes con el objetivo de limitar la demanda energética todos los días del año. Un vidrio de aislamiento térmico reforzado logra un bienestar térmico en el interior, por lo que el uso de la calefacción se hace mucho mas racional.

En nuestro caso, con más razón tenemos que aprovechar su beneficio debido a la gran superficie acristalada que está expuesta al exterior. Pese a que la mayor parte de esa superficie está orientada al sur, tiene que poder adaptarse a cualquier circunstancia meteorológica que pueda haber.

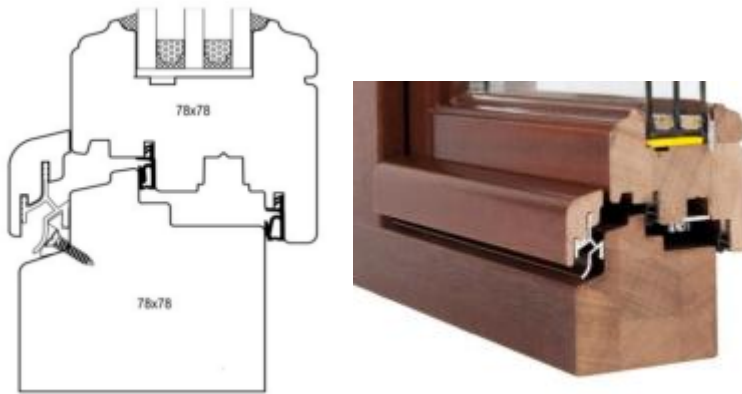
En el mercado actual se pueden encontrar diferentes tipos de cerramientos. Los principales a destacar son las maderas, el aluminio y el PVC:

- La madera, además de proporcionar excelentes características, presenta un ambiente cálido y natural al hogar.
- El aluminio, permite realizar variedad de diseños específicos y además se trata de un material reciclable mediante un proceso que requiere bajo consumo y no es tóxico.
- El PVC, además de ser un excelente aislante térmico, se trata de un material ligero, que no se oxida ni corroe.

Para la elección se ha mirado el CTE. Principalmente en los Documentos básicos se expone en el apartado de ahorro de energía unos niveles de transmitancia térmica que no pueden ser sobrepasados y una clase mínima de permeabilización.

Por tanto, en relación a los perfiles, se han incorporado los perfiles mixtos, compuestos por madera y aluminio. Por un lado se tiene un perfil de aluminio con rotura de puente térmico. Se trata de unos perfiles compuestos por dos o más secciones metálicas unidas por al menos un componente aislante térmico no metálico, como por ejemplo, una espuma especial ya incorporada entre las juntas de unión. Por otro lado se tiene la madera. La madera además de aportar belleza y naturaleza, presenta excelentes características de aislamiento y robustez. Con el revestimiento de madera de pino se obtiene una

transmitancia térmica de $1,3 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$ y un aislamiento acústico de 47 dB.

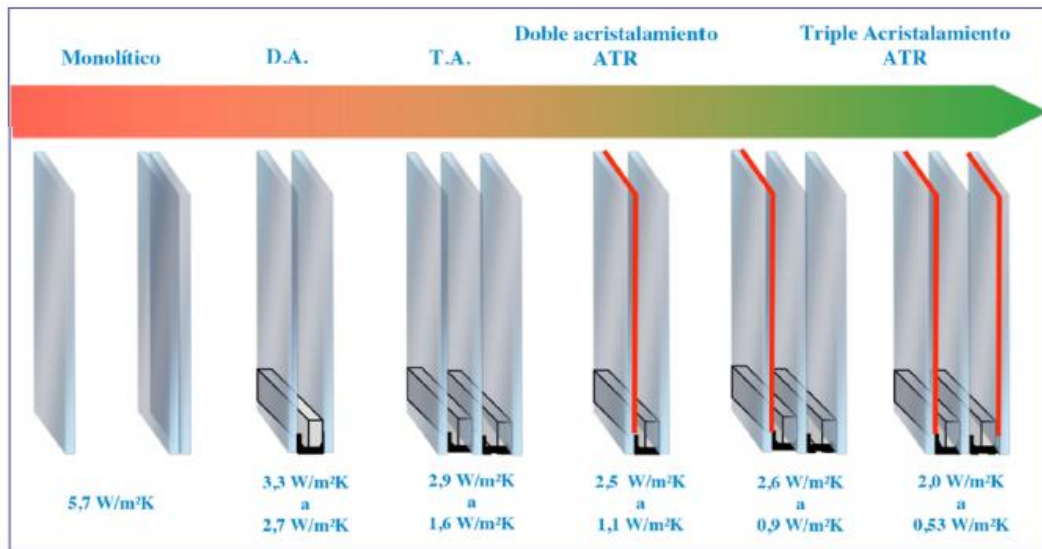


Imagen_10.3._ Perfiles instalados.

10.1.3. Acristalamiento

En cuanto al acristalamiento se ha optado por el vidrio aislante. La principal característica de las unidades de vidrio aislante es su elevado aislamiento térmico y acústico frente al proporcionado por un vidrio monolítico. De esta forma se consigue reducir las pérdidas de calor equilibrando la temperatura, un hecho que no solo produce un ahorro energético, sino que aumenta la sensación de confort.

En este proyecto se han instalado los Aislamientos Térmicos Reforzados (ATR). Se trata de una ventana con más de un vidrio separados entre sí por una cámara estanca de gases de menor conductividad que el aire. Habitualmente el gas empleado es el argón, ya que presenta un coste compatible con la mejora aportada. En los valores de transmitancia dados siempre son sobre el 90% del gas, ya que es difícil garantizar el completo llenado de la cámara.



Imagen_10.4._ Comparación de acristalamientos.

Como se puede observar en la imagen, existe una gran diferencia en relación a los valores de transmitancia térmica entre un cristal monolítico y los de triple acristalamiento.

Por lo nombrado anteriormente, se han instalado las ventanas de triple acristalamiento perfil IV78 de la serie Climatrend de la marca Roman Windows&Doors. Este modelo presenta la posibilidad de instalar ventanas tanto oscilobatientes, como abatibles de giro vertical y horizontal practicables al interior.

Finalmente, como se puede ver en la ficha técnica del apartado 9.6.4 de los anexos, dichas ventanas presentan unas características tanto de aislamiento como acústico que permiten otorgarle la máxima calificación energética, A.

10.1.4. Distribución de ventanas

Empezando por la cara principal de la casa, la cara sur, se encuentran 3 de las 6 ventanas de la vivienda: la ventana del baño, la principal del salón y la del dormitorio. Un total de

10,1326 m^2 más 2,4678 m^2 . La ventana del baño tiene un lado fijo y el otro lado es oscilobatiente vertical para permitir ventilar correctamente el baño.

La ventana del salón es la principal de la casa. De eso depende la mayor ventilación y la mayor iluminación. Al igual que la ventana del baño, se compone de una parte oscilobatiente vertical y el resto fija.

Y por último, la ventana principal del dormitorio. Se encarga principalmente de la ventilación del dormitorio. Esta ventana tiene la parte estrecha oscilante de arriba a abajo de forma que se podrá abrir del todo.

En la cara Este de la vivienda se encuentran dos ventanas. Primero la que da al salón y que es la puerta principal de la vivienda, y luego, la ventana secundaria del dormitorio.

La primera de ellas es corredera con 75cm de ancho en cada ventanal, por tanto, la puerta principal de la casa es corredera. Y por otro lado, la ventana del dormitorio de esta cara de la vivienda, que tiene nuevamente una parte fija y otra oscilobatiente.

Por último, en la cara norte de la vivienda se localiza la ventana de ventilación. Como las otras tres, esta también es oscilobatiente. Esta ventana es de vital importancia para conseguir un hogar bioclimático como es el objetivo. De ella depende toda la ventilación de la casa en los días mas calurosos y que exista una corriente de ventilación que permita un ahorro energético.

En la siguiente imagen se presentan las distintas aperturas de las ventanas:



Imagen_10.5._ Tipos de aberturas de las ventanas.

10.2. Cubierta

Se hace uso de las cubiertas no ventiladas de una capa, las llamadas cubiertas calientes. En este tipo de cubiertas, la estructura, en este caso la chapa de acero corten, la barrera de vapor, el aislamiento térmico, impermeabilización y capas intermedias forman un elemento compuesto.

Pese a que la grava no es una protección superficial transitable, se toma la cubierta como un espacio para mantenimiento. En cuyo caso, sí es factible el uso de grava. El uso de grava como protección superficial evita la formación de burbujas, cambios bruscos de temperatura en la superficie y daños por radiación ultravioleta. Seguidamente va la capa de protección que amortigua la grava. Luego la primera capa de impermeabilizantes. A

continuación, al igual que el resto de la vivienda, tanto fachada, como suelo, como cubierta, se instalan 80cm de lana mineral de coeficiente de conductividad muy bajo, como ya se ha visto. Por último, antes de la capa de chapa de acero corten del contenedor se, coloca la capa difusora de vapor, cartón ondulado o lámina bituminosa perforada contra la formación de burbujas y abombamientos; además de la última capa separadora.

En relación a la parte interior, tras la chapa de acero corten se fijará 60cm de aislante de lana de mineral, para colocar a continuación parquet como acabado interior.

Grava 30 mm
Capa protectora
Capa impermeabilizante 1,5 mm
Lana mineral 80 mm
Capa de vapores
Chapa acero corten 3,5 mm
Lana mineral 60 mm
Parque 20 mm

Tabla_10.2._ Componentes de la cubierta.

10.3.Suelo

El suelo de la vivienda es la superficie al exterior que menos importancia se le ha dado puesto que no está tan expuesta como las demás. No obstante, se han respetado los niveles mínimos exigidos por el CTE. En concreto, el suelo será la única superficie de la vivienda donde se va a poder ver el acabado de acero corten que tiene el contenedor. El suelo del contenedor, a diferencia del resto de paredes del contenedor básico, tiene unas láminas de madera de bambú que ya aporta ligeramente un aislamiento. Sobre este, se colocan unos montantes, como en el techo, de 80cm. Por el interior de estos montantes se coloca la lana mineral y las tuberías distribuidoras de agua. Finalmente, sobre los montantes se coloca la capa impermeabilizante y las láminas de parquet de 28mm. Con estos aislamientos, se consigue llegar a los mínimos exigido y tan solo se quitan 109,5mm de altura.

Chapa acero corten 3,5 mm
Lámina de bambú 3 mm
Lana mineral 80 mm
Capa impermeabilizante 1,5 mm
Parque 28 mm

Tabla_10.3._ Componentes del suelo.

10.4. Cimentación

Viendo ejemplos de otras viviendas construidas con contenedores se ha optado por seguir sus pasos y cimentar en forma de pilar prefabricado. Las razones son principalmente dos. Por un lado se trata de hacer una arquitectura bioclimática que aproveche los vientos para la ventilación del suelo de la vivienda. Por otro lado, al tratarse de una obra de construcción modular no es necesario cimentar como se suele hacer para una obra tradicional. Por ello se ha optado por diseñar unos pilares junto a sus zapatas hechas de hormigón ya prefabricado de forma que en la obra, solo se harán los agujeros en el suelo donde se colocan las zapatas.

La vivienda estará colocada sobre un total de 15 pilares con sus respectivas zapatas distribuidos como el plano 16 de los anexos indica. Como en los cálculos del apartado 1.5 de los anexos se puede ver, se ha sobredimensionado la estructura por una razón principal. Al tratar con contenedores, y tener que cortar parte de su fachada para la instalación de puertas, ventanas y la unión entre ellos, se deben reforzar las vigas de la estructura ya que esta no está diseñada para cortar partes de ella. Para el corte de estas partes de la chapa para crear los huecos de las puertas y ventanas se hace uso de diferentes herramientas como amoladora, cortador de plasmas y soplete.

Las zapatas instaladas, como indica el plano 16, tienen forma cuadrada y son de 65 x 65. De esta forma, en los cálculos queda demostrado que el área mínima de estas zapatas debe ser superior a 27x27 para garantizar el soporte de la estructura.

10.5. Metodología de construcción

Como ya se ha comentado, se trata de una construcción modular, por tanto va a ser montada en la misma obra, pero ya vendrá construida de algún lugar y transportada en camiones, de manera que solo se necesitará colocar. Por ello, en la parcela descrita,

únicamente se tendrán que hacer los agujeros en el suelo donde se encajen las zapatas de los 15 pilares que sostienen la vivienda contenedor. Una vez emplazados los pilares en su posición, se colocarán los contenedores mediante una grúa como se puede observar en la siguiente imagen:

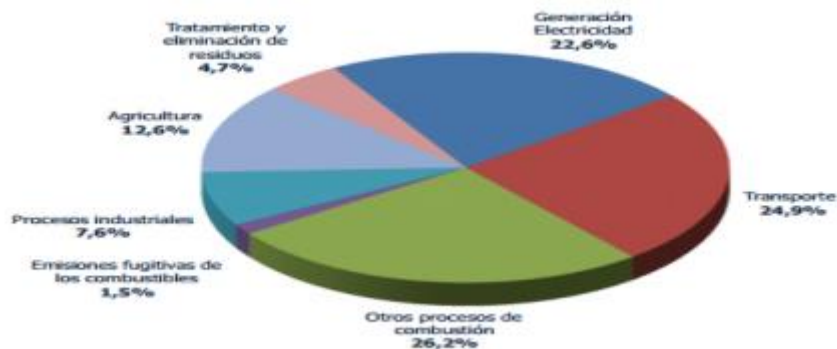


Tabla_10.6._ Colocación de los contenedores sobre pilar.

Una vez colocado los contenedores, se unen entre ellos mediante pernos y abrazaderas, evitando la soldadura, para que de esta manera en cualquier momento se puedan separar y trasladar a otro emplazamiento, como la arquitectura modular define.

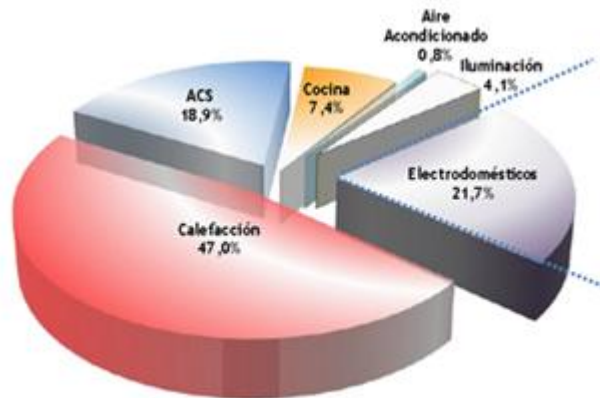
11. Impacto ambiental

Como ya se ha nombrado anteriormente, la finalidad del proyecto va enfocada a la reducción de emisiones de CO_2 y aprovechamiento de las fuentes de energías renovables presentes en nuestro país. En 2014, las emisiones en España fueron de 319,671 millones de toneladas de CO_2 . En 2015, se emitieron un total de 339,3 millones de toneladas, lo que supone un aumento de casi el 5%. Según IDAE especifica en el siguiente gráfico, el 22,6% de las emisiones corresponden a la generación de electricidad y el 24,9% al transporte.



Imagen_11.1._ Emisiones de CO_2 según IDAE.

Por otro lado, la distribución de consumos en una vivienda según IDAE, representa que el 47% del consumo total es debido a la calefacción, y que el 21,7% es debido a los electrodomésticos.



Imagen_11.2._ Consumos en una vivienda según IDAE.

Para aportar nuestra ayuda a la reducción de emisiones y a mejorar el medio ambiente del planeta, se ha desarrollado el presente proyecto que representa cómo hacer una vivienda unifamiliar de bajas emisiones. Todos los componentes instalados en la vivienda ayudan a reducir estas emisiones. Como ya se ha dicho, todos los electrodomésticos sobre los que se ha realizado el cálculo tienen la máxima calificación ambiental y contribuyen a reducir el elevado porcentaje de consumos debido a los electrodomésticos. Además, se hace uso de diversas fuentes renovables y de la arquitectura bioclimática para aprovechamiento de la naturaleza y evitar de esta manera el excesivo consumo debido a la calefacción y ACS. Y por último, el método de construcción no requiere mucho transporte, ya que su construcción es modular, y prácticamente se elimina la obra in situ.

Los cálculos de la reducción de emisiones de CO_2 están presentes en el apartado 3 de los anexos. De esta manera se evidencia que una vivienda de estas características no solo reduce las emisiones de CO_2 de la vivienda, sino que también ayuda a la reducción de costes debido a sus bajos consumos y necesidades térmicas.

12. Presupuesto

TERMOSIFON	1061,17
INTERACUMULADOR	1086
TUBERÍAS	134,25
AISLANTE TUBERÍAS	202,05
ILUMINACIÓN	421,93
ELECTRODOMÉSTICOS	8467
PRESUPUESTO SUELO	889,8192
CONTENEDOR	4700
PRESUPUESTO TECHO	1276,5376
PRESUPUESTO FACHADA	6307,932
CABLES EXTERIOR	46,55
CABLES INTERIOR	49,955
SALIDA DE HUMOS	239,79
SISTEMA SOLAR	9996
VENTANAS	16687,56
PERFILES	5838,279
INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS	147,81
DIFERENCIAL	21,5
HIDROESTUFA	3527
INGENIERO	8258,25
GRUPO ELETRÓGENO DE SOPORTE	1780
TOTAL	71139,3828

Tabla_12.1._ Presupuesto total de la vivienda.

En la tabla adjunta se presenta el precio total en euros de la vivienda con lo que va a abastecer según se ha comentado en el alcance del proyecto. Como se puede observar, el precio rondará los 71140€. A este precio se debería sumar el valor del terreno donde se vaya a instalar, y la conexión a la red de suministro de agua potable y aguas residuales. No obstante, se desconecta de la red eléctrica. En el apartado 4 de los anexos se presenta desglosado el presupuesto para cada material y componente utilizado en la proyección de la vivienda.

13. Viabilidad económica

Para la solución que se ha llevado acabo para la realización de este proyecto se estudia la viabilidad económica del proyecto. Este valor es muy importante ya que representa la fiabilidad que tiene el proyecto, y es el que nos asegura en cuántos años va a estar amortizado el valor total del proyecto.

Existen dos indicadores principales a tener que cuenta. Los indicadores de la rentabilidad son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR). El VAN es el valor actualizado de todos los rendimientos. Si este valor es positivo significa que el proyecto cubre todos los costes y en ese caso es rentable. En caso contrario, si este valor fuera negativo, indica que el proyecto no es rentable. Por otro lado, el TIR corresponde a la tasa de descuento de los flujos de caja que anulan el VAN, es decir, la recuperación de la inversión inicial.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t} = Q_0 + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

- Q_t : Flujo de caja del periodo t.
- k: Tasa de inflación. Se calculará con el indicador IPC del 2016.[19]
- n: Horizonte económico del proyecto.

Respecto al TIR se obtiene de:

$$0 = Q_0 + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

- $r = \text{TIR}$.

Haciendo uso del programa informático Microsoft Excel, se ha obtenido los siguientes valores:

	Valor
VAN	14061,56
TIR	0,03
PayBack	año 14

Tabla_13.1._ Resumen de los indicadores obtenidos.

Ambos cálculos están recogidos más detalladamente en el apartado 7 de los anexos.

Conclusiones

Una vez realizado todo el estudio y después de haber analizado las posibles soluciones e implementarlas al proyecto se ha podido comprobar que se ha cumplido con el principal objetivo del proyecto. Se ha conseguido proyectar una vivienda haciendo uso de dos contenedores marítimos como estructura que cumpla con los requisitos que una vivienda de dos personas puede tener en el día a día. Para ello, se ha hecho un estudio de la localización de la vivienda en un lugar desfavorable a la hora de generar energía a partir del sol, como es Vizcaya, para demostrar que es factible en cualquier otra localización de la península. A partir de aquí, se ha estudiado la demanda tanto energética, teniendo en cuenta la instalación de electrodomésticos de alta calificación energética, como de ACS, como de confort térmico que pueda tener la vivienda y se han analizado e instalado las soluciones que la cubran.

Siguiendo con la finalidad principal del proyecto de crear una vivienda sostenible capaz de cubrir la demanda energética haciendo uso de recursos naturales y sistemas modernos e innovadores de bajas emisiones, se ha conseguido satisfacer dichas necesidades haciendo uso de una instalación fotovoltaica de 9 paneles solares, un sistema de termosifón capaz de cubrir más del 42% de la demanda de ACS, una hydroestufa de biomasa, concretamente de pellet, capaz de cubrir las necesidades de ACS que no es capaz de generar el termosifón, además de abastecer la demanda de calefacción por una sencilla instalación de calefacción con un radiador y por radiación que la propia hydroestufa emite a la estancia en la que se encuentre.

Por otro lado, se ha dotado a la vivienda de unos materiales aislantes de última generación que aportan a la vivienda un aspecto moderno y natural a la vez que una resistencia térmica muy alta.

Por último, se han incorporado sistemas de reducción de agua y un grupo electrógeno de soporte para aquellos días en que la instalación fotovoltaica no satisface con la demanda.

En definitiva, se ha estudiado y valorado la posibilidad de construir nuestra propia casa moderna y respetuosa con el medio ambiente y se ha visto que es algo totalmente factible y necesario si queremos un futuro próspero y sostenible.

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a mi tutor y director Carlos Sierra por el tiempo dedicado durante el cuatrimestre para que se haya podido lograr este proyecto. Su ayuda y sus consejos me ayudaron en momentos de incertidumbre.

Por otro lado agradecer a mis compañeros de piso por su paciencia y ayuda durante todo el cuatrimestre.

Y finalmente, agradecer a mi familia el apoyo y la motivación que me han entregado en los momentos complicados que espontáneamente he tenido durante el grado.

Referencias bibliográficas

- [1] Características de los contenedores hoy en día en el mercado. Marmedsa Noatum Maritime.
[<http://www.marmedsa.com/tipo-de-contenedores-maritimos-estandar/>]
- [2] Código Técnico de la Edificación. Artículo DB H1: Zonas climáticas.
[http://www.catebre.cat/gcw_terres/documentos/DA_zonas-climaticas-solar_V01.pdf]
[https://www1.upo.es/cms1/export/sites/upo/infraestructuras/sistemas-gestion/sgiee/Normativa/DB_HE1_septiembre_2013.pdf]
- [3] Calculadora de radiación solar en España.
[<http://www.adrase.com/>]
- [4] Atlas de radiación solar en España, utilizando datos del SAF de clima de EUMETSAT.
[http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf]
- [5] Factor 'k' de la radiación solar.
[http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es04/chapter_4_ES.pdf]
- [6] Niveles recomendados de iluminación para interiores. Guía técnica de Eficiencia Energética de Iluminación en interiores. IDAE.
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf]
- [7] Organización Mundial de la Salud. Cantidad de agua recomendada por persona y día.
[http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1]
- [8] El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT 2002).
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_a3c5aa42.pdf]
- [9] El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT 2002). Cableado: BT-19.
[http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_19_feb09R2.pdf]
- [10] El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT 2002). Magnetotérmicos: BT-24.
[http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_24_oct05R1.pdf]
- [11] Código Técnico de la Edificación. Sistemas termo solares directos e indirectos.

- Exigencia Básica HE 4.
[http://www.coavn.org/coavn/cte/cursonavarra/he4_02_tipologias.pdf]
- [12] Instalaciones individuales de calefacción. IDAE.
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_16_Climatizacion_Guia_Tecnica_Instalaciones_Calefaccion_Individual__f1cefbe6.pdf]
- [13] Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS.
[<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf>]
- [14] Norma UNE EN 13501-1:2007+A1:2010 contra incendios.
[https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2012/11/une-en_13501-12007a12010.pdf]
- [15] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Grosor de aislamiento de tuberías.
[<http://www.andimat.es/wp-content/uploads/22-24.pdf>]
- [16] Real Decreto 314/2006.
[<https://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf>]
- [17] Objetivo 20/20/20 plasmado en la Directiva 2012/27/UE.
[http://www.aeval.es/export/sites/aeval/comun/pdf/evaluaciones/E34_2013_Evaluacion_EficienciaEnergetica.pdf]
- [18] Código Técnico de la Edificación. Documento básico DB-HE1.
[https://www1.upo.es/cms1/export/sites/upo/infraestructuras/sistemas-gestion/sgiee/Normativa/DB_HE1_septiembre_2013.pdf]
- [19] Tasa de inflación. [<http://es.global-rates.com/estadisticas-economicas/inflacion/2016.aspx>]

